

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE QUITO**

**CARRERA: INGENIERÍA MECÁNICA**

**Trabajo de Titulación previo a la obtención del Título de:**  
**INGENIERO MECÁNICO**

**TEMA:**  
**DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN TRANSPORTADOR SEMI –**  
**AUTOMÁTICO PARA CREMA DE TOMATE CON CAPACIDAD DE**  
**400 Kg/h**

**AUTOR:**  
**CARLOS ANDRÉS BRITO RUEDA**

**TUTOR:**  
**ENRIQUE FERNANDO LARCO CALVACHE**

**Quito, enero 2017**

### **Cesión de derechos de autor**

Yo, CARLOS ANDRÉS BRITO RUEDA, con documento de identificación N° 171585233-9, manifiesto mi voluntad y cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del trabajo de grado intitulado: "Diseño y simulación de un transportador semi – automático para crema de tomate con capacidad de 400 Kg/h", mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En aplicación a lo determinado en la Ley de Propiedad Intelectual, en mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.



---

Nombre: Carlos Andrés Brito Rueda  
Cédula: 171585233-9

Quito, enero 2017

### **Declaratoria de coautoría del docente tutor**

Yo, declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado el trabajo de titulación “Diseño y simulación de un transportador semi – automático para crema de tomate con capacidad de 400 kg/h” realizado por Carlos Andrés Brito Rueda obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, enero 2017



---

Nombre: Enrique Fernando Larco Calvache.  
Cédula: 170413355-0

### **Dedicatoria**

A mi madre y hermana, quienes han sido el soporte fundamental para alcanzar este logro, con su apoyo incondicional y constante me han inculcado que: para conseguir una meta es necesario el sacrificio, la constancia y dedicación, y que la unión familiar es lo más importante en la vida.

A mí amada Bequi quien ha sido mi soporte emocional y constante dentro de esta lucha por alcanzar nuestros sueños.

A mi familia y amigos por aportar con un granito de arena a la constante formación que he tenido como persona y profesional.

Carlos Andrés Brito Rueda



### **Agradecimiento**

A mi gran amigo Diego Montalvo por el constante apoyo en mi formación profesional.

Al Ing. Carlos Betancourt por la apertura a la elaboración de esta propuesta para la empresa Marcseal S.A.

A la Universidad Politécnica Salesiana en general, pero de manera especial a Ginita y Verito por la constante labor de entrega por el bien de los estudiantes.

Carlos Andrés Brito Rueda

## Índice

Cesión de derechos de autor.....	
Declaratoria de coautoría del docente tutor .....	
Dedicatoria .....	
Agradecimiento.....	
Índice.....	
Índice de tablas.....	
Índice de figuras.....	
Índice de Anexos.....	
Resumen.....	
Abstract .....	
Simbología .....	
Introducción .....	1
CAPÍTULO 1 .....	3
FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	3
1.1 Planteamiento del problema.....	3
1.2 Normativa de Seguridad industrial y salud ocupacional (SISO) .....	3
1.3 Composición de la crema de tomate .....	4
1.4 Reología .....	5
1.5 Comportamiento de los alimentos.....	5
1.5.1 Fluidos.....	5

1.6 Dosificación .....	6
1.6.1 Dosificadores volumétricos.....	7
1.6.2 Dosificadores de tornillo .....	7
1.6.3 Dosificadores de compuerta rotativa.....	8
1.6.4 Dosificadores de banda rodante .....	8
1.6.5 Dosificadores de pistón mecánico.....	8
1.7 Retenedor .....	9
1.8 Pernos de sujeción.....	9
CAPÍTULO 2 .....	10
REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO .....	10
2.1 Requerimientos .....	10
2.2 Parámetros de diseño.....	10
2.3 Estudio de alternativas .....	11
2.3.1 Alternativa A. Dosificador de tornillo sin fin .....	11
2.3.2 Alternativa B. Dosificador de pistón neumático .....	12
2.4 Selección de alternativa.....	14
CAPÍTULO 3 .....	15
CÁLCULOS Y DISEÑO DE LA MÁQUINA .....	15
3.1 Capacidad de producción del sistema .....	15
3.2 Densidad de la crema de tomate.....	16
3.3 Capacidad de carga, diámetros y ángulo de avance del tornillo dosificador .	16
3.3.1 Cálculo del diámetro de la base de la hélice del tornillo dosificador.....	17

3.3.2 Cálculo del ángulo de avance del tornillo dosificador .....	18
3.4 Cálculo potencia requerida para el sistema .....	20
3.5 Cálculos de bandas y poleas requeridas en el sistema .....	21
3.5.1 Longitud de banda.....	21
3.5.2 Cálculo de la tensión centrífuga de la banda.....	22
3.5.3 Sistema de templado de la banda .....	23
3.5.4 Cálculo del par de torsión .....	23
3.5.5 Cálculo de fuerzas sobre la polea.....	24
3.6 Cálculo de la fuerza distribuida sobre el tornillo dosificador .....	25
3.6.1 Cálculo de las reacciones y el momento máximo sobre el tornillo dosificador .....	26
3.7 Diseño estático del tornillo dosificador.....	29
3.8 Diseño dinámico del tornillo dosificador .....	32
3.9 Diseño de la lengüeta sobre el tornillo dosificador .....	36
3.10 Selección del retenedor .....	37
3.11 Diseño de la tolva.....	38
3.12 Diseño de la estructura .....	40
3.13 Diseño de los empaques de hermeticidad .....	45
3.13.1 Diseño empaque interno tolva.....	45
3.13.2 Diseño empaque externo tolva .....	46
3.13.3 Diseño empaque externo ducto .....	46
3.14 Simulación del funcionamiento del sistema.....	47

3.15 Limpieza y mantenimiento del sistema.....	56
3.16 Resultados al implementar el sistema .....	56
CAPITULO 4.....	58
COSTOS DEL PROYECTO.....	58
4.1 Costos directos .....	58
4.1.1 Procesos metalmecánicos.....	58
4.1.2 Elementos normalizados .....	58
4.1.3 Equipos.....	59
4.2 Costos indirectos .....	60
4.3 Costo total del proyecto .....	61
CAPÍTULO 5 .....	62
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	62
5.1 Conclusiones .....	62
5.2 Recomendaciones.....	62
Referencias.....	64

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Capacidad de carga recomendada mediante la OIT .....	3
Tabla 2. Criterios ponderados en las alternativas de diseño .....	14
Tabla 3. Características generales – Tornillo dosificador.....	27
Tabla 4. Simulación de la deformación de la tolva por presión del fluido .....	40
Tabla 5. Conjunto del sistema sin estructura base .....	41
Tabla 6. Simulación de la deformación de la estructura base .....	44
Tabla 7. Procesos metalmecánicos.....	58
Tabla 8. Elementos normalizados .....	59
Tabla 9. Equipos del proyecto.....	59
Tabla 10. Costos directos del proyecto .....	60
Tabla 11. Costos indirectos del proyecto .....	60
Tabla 12. Costo total del proyecto .....	61



## Índice de figuras

Figura 1. Clasificación de los fluidos según su comportamiento elástico .....	5
Figura 2. Comportamiento de los fluidos al someterse a un esfuerzo .....	6
Figura 3. Esquema de un dosificador de tornillo sin fin .....	7
Figura 4. Esquema de un dosificador de compuerta rotativa .....	8
Figura 5. Esquema de un dosificador de banda rodante.....	8
Figura 6. Esquema de un dosificador de pistón neumático.....	9
Figura 7. Retenedores grado alimenticio .....	9
Figura 8. Varios tipos de pernos de sujeción .....	9
Figura 9. Partes principales de un dosificador de tornillo sin fin.....	12
Figura 10. Partes principales de un dosificador con pistón neumático .....	13
Figura 11. Esquema del sistema a diseñar .....	15
Figura 12. Diámetros exterior “D” y base “d” de la hélice del tornillo dosificador ..	18
Figura 13. Ángulo de avance, paso y ángulo de la hélice del tornillo dosificador ...	18
Figura 14. Diámetros exterior, base y medio de la hélice del tornillo dosificador ....	19
Figura 15. Diagrama de fuerzas sobre una hélice del tornillo dosificador.....	19
Figura 16. Representación de la columna de crema sobre el tornillo dosificador .....	25
Figura 17. Fuerzas actuantes sobre el tornillo dosificador.....	27
Figura 18. Diagrama de cuerpo libre del tornillo dosificador.....	28
Figura 19. Diagrama de fuerza cortante y reacciones del tornillo dosificador .....	28
Figura 20. Diagrama de momento flector del tornillo dosificador.....	28
Figura 21. Esfuerzos principales normales en la sección crítica del tornillo .....	30
Figura 22. Dimensionamiento de la polea banda .....	36
Figura 23. Dimensionamiento del retenedor .....	38
Figura 24. Posicionamiento del fluido para análisis de presión.....	39

Figura 25. Estructura base del sistema .....	42
Figura 26. Diseño del empaque interno tolva .....	45
Figura 27. Diseño del empaque externo tolva.....	46
Figura 28. Diseño del empaque externo ducto.....	46
Figura 29. Conjunto dosificador crema de tomate – vista frontal derecha .....	47
Figura 30. Conjunto dosificador crema de tomate – vista frontal izquierda.....	47
Figura 31. Conjunto dosificador crema de tomate – vista superior .....	48
Figura 32. Conjunto dosificador crema de tomate – vista frontal.....	48
Figura 33. Reacciones sobre el tornillo dosificador.....	50
Figura 34. Análisis de modulo cortante sobre el tornillo dosificador .....	50
Figura 35. Análisis de modulo cortante de momentos sobre el tornillo dosificador..	51
Figura 36. Análisis de tensión axial y flexión sobre el tornillo dosificador .....	52
Figura 37. Análisis de deformación por cortadura sobre el tornillo dosificador .....	52
Figura 38. Reacciones sobre el tornillo dosificador (SIMULACIÓN DINÁMICA). 54	
Figura 39. Análisis de tensiones cortante sobre el tornillo dosificador .....	54
Figura 40. Análisis de deformación sobre el tornillo dosificador .....	55
Figura 41. Análisis del factor de seguridad en el tornillo dosificador .....	55

## Índice de Anexos

Anexo 1. Registro fotográfico canecas de crema de tomate .....	
Anexo 2. Registro fotográfico vira tanque .....	
Anexo 3. Análisis de laboratorio – crema de tomate .....	
Anexo 4. Registro fotográfico del espacio físico .....	
Anexo 5. Coeficiente de disminución de llenado según ángulo de trabajo, Coeficiente de llenado del canalón, Coeficiente para materiales sólidos .....	
Anexo 6. Propiedades de algunos materiales para bandas planas y redondas .....	
Anexo 7. Factores de servicio .....	
Anexo 8. Resultados de pruebas a la tensión de algunos metales.....	
Anexo 9. Factores de acabado de superficies, Factor de carga .....	
Anexo 10. Características técnicas del motor .....	
Anexo 11. Catálogo de retenes radiales SIMMERRING sección C1 .....	
Anexo 12. Catálogo de tubería DIPAC – sección cuadrado .....	
Anexo 13. Hoja técnica – soldadura tolva de alimentación .....	
Anexo 14. Hoja técnica – soldadura estructura base.....	
Anexo 15. Propiedades del Nitrilo sanitario .....	
Anexo 16. Propiedades del Nitrilo sanitario .....	
Anexo 17. Cronograma de mantenimiento del sistema .....	
Anexo 18. Glosario .....	
Anexo 19. Planos .....	

## **Resumen**

El presente proyecto nace de la iniciativa de implementar un sistema capaz de mejorar el procesamiento de crema de tomate, teniendo como indicador principal, satisfacer la capacidad de producción de 400 kg/h dentro de la empresa Marcseal S.A. – Quito. El desarrollo del proyecto se realiza mediante la investigación en base a las necesidades de producción, posteriormente su evaluación y finalmente la ejecución del mismo, tomando como referencia los siguientes contenidos:

El capítulo I contiene los fundamentos teóricos necesarios para el desarrollo del proyecto tales como; detalle de los ingredientes y su influencia, así como también teoría, de manera general, sobre procesos y partes que se involucran en el funcionamiento de la máquina. El capítulo II describe los requerimientos y parámetros de diseño de la máquina y el estudio de varias alternativas para la posterior selección de la más conveniente. El capítulo III detalla el diseño, dimensionamiento y selección de cada uno de los elementos mecánicos y eléctricos que contiene la máquina, así como también, la simulación del funcionamiento de la misma. El capítulo IV muestra el análisis de los costos totales involucrados en el diseño. El capítulo V sintetiza las conclusiones y recomendaciones acerca del proyecto.

Finalmente se adjuntan los planos de diseño y montaje, catálogos de materiales, entre otros. Del mismo modo se incluyen detalles de la simulación del prototipo realizado en el Software Inventor 2015.

Palabras claves: diseño, simulación, transportador, crema, tomate.

## **Abstract**

This project starts over an initiative for creating a system that could develop the tomato's cream process, looking for a main indicator to satisfy the production capacity of 400 kg per hour into Marcseal S.A. – Quito. The Project development has been done through a research about production needs, then an evaluation of the process has been done, and at the end its real execution, using the following contents:

Chapter I includes theoretical fundament that could be needed to develop it, such as: detail and influence of its ingredients, so as general theoretical content about process and parts involved in the machine function. Chapter II describes design requirements and parameters of the machine and the search of alternatives for latest most convenient selection. Chapter III details design measures and selection of each one of mechanical and electric the machine contains, same as simulation of its function. Chapter IV shows total costs analysis involved in machine. Chapter V shows concludes and recommends about the project.

At the end, design and assembly materials catalogues have been included, and so on. It also includes simulation details of prototype which were made in Inventor 2015 Software.

**Keywords:** design, simulation, conveyor, cream, tomato.

## Simbología

$$Q_{\text{teorico}} = \text{Capacidad de carga teórica} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{h}} \right]$$

$$\delta = \text{Densidad de la crema de tomate} \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$$

$$S = \text{Área que ocupa la crema de tomate en el canalón} \left[ \text{m}^2 \right]$$

$$v = \text{Velocidad de desplazamiento del tornillo dosificador} \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}} \right]$$

$$k = \text{Coeficiente de disminución de llenado según ángulo de trabajo}$$

$$D = \text{Diámetro de la hélice del tornillo dosificador} \left[ \text{m} \right]$$

$$\lambda = \text{Coeficiente de llenado del canalón}$$

$$t = \text{Paso del tornillo dosificador} \left[ \text{m} \right]$$

$$n = \text{Revoluciones por minuto del motor} \left[ \frac{\text{rev}}{\text{min}} \right]$$

$$dm = \text{diámetro medio del tornillo dosificador} \left[ \text{mm} \right]$$

$$d = \text{diámetro de la base de la hélice del tornillo dosificador} \left[ \text{mm} \right]$$

$$P = \text{Potencia requerida} \left[ \text{Kw} \right]$$

$$P_H = \text{Potencia necesaria para el desplazamiento horizontal del tornillo dosificador} \left[ \text{Kw} \right]$$

$$P_N = \text{Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo dosificador} \left[ \text{Kw} \right]$$

$$P_{ST} = \text{Potencia necesaria para el accionamiento del tornillo dosificador inclinado} \left[ \text{Kw} \right]$$

$$L = \text{Longitud de tornillo dosificador bajo la columna de crema de tomate} \left[ \text{m} \right]$$

$$C_o = \text{Coeficiente para materiales sólidos}$$



$D_p$ = diámetro de la polea motriz.

$C$ = distancia entre centros.

$d_p$ = diámetro de la polea conducida.

$L_b$ = longitud de banda [m]

$\theta_D$ =ángulo de contacto [rad]

$\theta_d$ =ángulo de contacto [rad]

$F_c$  = tensión circunferencial debido a la fuerza centrífuga [N]

$W$ = peso de un pie de banda  $\left[ \frac{N}{m} \right]$

$\gamma$  = peso específico de la banda  $\left[ \frac{kg}{m^3} \right]$

$b$  = ancho de banda [m]

$t$  = espesor de banda [m]

$T$  = Par de torsión [N.m]

$H$ = Potencia nominal [HP]

$K_s$  = Factor de servicio.

$F_d$  = Factor de seguridad del diseño.

$F_1$  y  $F_2$ = fuerzas actuantes [kgf]

$F_i$ = tensión inicial [kgf]

$F_c$ = fuerza centrífuga [kgf]

$f$ = coeficiente de fricción

$w$  = carga sobre el tornillo dosificador  $\left[ \frac{N}{m} \right]$

$m$  = cantidad de masa sobre el tornillo dosificador [N]

$l_c$  = longitud del tornillo dosificador expuesto a carga [m]

$\sigma_{A,D}$  = esfuerzos principales normales  $\left[ \frac{kg}{m^2} \right]$

$S_E$  = resistencia de fluencia en el punto C  $\left[ \frac{kg}{m^2} \right]$

$S_y$  = resistencia de fluencia  $\left[ \frac{kg}{m^2} \right]$

$\sigma_m$  = esfuerzo medio  $\left[ \frac{kg}{m^2} \right]$

$\tau_{xy\max}$  = esfuerzo cortante máximo  $\left[ \frac{kg}{m^2} \right]$

$\sigma_{x\max}$  = esfuerzo máximo  $\left[ \frac{kg}{m^2} \right]$

$M_{\max}$  = momento máximo sobre el tornillo dosificador  $|kg.m|$

$S_{ut}$ = resistencia última del material [MPa]

$S_e$ = límite de resistencia a la fatiga [MPa]

$S_e'$ = límite de resistencia a la fatiga en viga rotatoria [MPa]

$k_a$ = factor de modificación de la condición superficial

$k_b$ = factor de modificación del tamaño

$k_c$ = factor de confiabilidad

$k_d$ = factor de modificación de la temperatura

$k_e$ = factor de modificación por concentración de esfuerzo

$k_f$ = factor de modificación de efectos varios

$a, b$ = factores de acabado de superficie

$n_s$ = factor de seguridad

$r$ = radio de la lengüeta [m]

$w$ = ancho de la lengüeta [m]

$l_l$ = longitud de la lengüeta [m]

$S_{sy}$ = resistencia de fluencia en cortante  $\left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \right]$

$n_{\text{corte}}$ = factor de seguridad para fatiga

$\Delta P$  = variación de presión [MPa]

$P_2$ = presión en la parte inferior de la tolva [MPa]

$P_1$ = presión en la parte superior de la tolva [MPa]

$h_{1,2}$ = altura de la crema de tomate [m]

$P_{\text{crema}}$ = peso de la crema de tomate contenida en la tolva de alimentación [kg]

$V_{\text{tolva}}$ = volumen de la tolva de alimentación [ $\text{m}^3$ ]

$P_{\text{total}}$ = peso total sobre la estructura base [kg]

$P_{\text{conjunto}}$ = peso del conjunto sobre la estructura base [kg]

$P_{\text{por seguridad}}$ = 10% del ( $P_{\text{crema}}+P_{\text{conjunto}}$ ) [ kg]

$L_e$ = longitud equivalente [mm]

$r_{\text{max}}$ = radio máximo de giro [mm]

$r_{\text{min}}$ = radio mínimo de giro [mm]

$\sigma_c$ = esfuerzo crítico [MPa]

$E$ = límite de elasticidad [GPa]

$L$ = longitud del perfil [m]

$r_s$ = radio de giro de la sección [m]

$P_c$ = Fuerza (peso) que soporta cada columna [N]

$A$ = área de la sección transversal [ $\text{m}^2$ ]

$g$ = gravedad  $\left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$

$n_c$ = número de columnas

## **Introducción**

Todas las variantes de desarrollo tecnológico en las que se plantea la necesidad de poner en marcha innovaciones en los sistemas de producción de bienes de consumo, pasan, necesariamente, por la consideración de las existencias actuales de equipamientos similares y la evaluación objetiva de sus limitaciones; así como las consecuentes posibilidades de superarlas en base a un análisis objetivo de la situación y un estudio minucioso de alternativas que permitan superar esas limitantes, mejorar y potenciar el logro de resultados y hacer eficiente el proceso así como también elementos de carácter laboral, entre los que se incluyen factores de seguridad operativa y adecuado posicionamiento de los operadores que intervienen en el proceso.

De otro lado, teniendo en consideración que se trata de emprendimientos de carácter privado, en los que la inversión y el costo beneficio son elementos claves en el sostenimiento de una empresa – industria, es muy importante tener en cuenta también el rendimiento económico que una inversión en desarrollo de tecnología pueda tener, de modo de justificarlo como eso: una inversión y no simplemente como un gasto del que no se pudieran esperar beneficios en el renglón financiero de la empresa.

La propuesta que soporta la presente tesis, incluye la consideración de todos estos factores, como un aporte al desarrollo de alternativas tecnológicas del sector de procesamiento de alimentos, pero también como evidencia del desarrollo profesional logrado en el proceso educativo en que el autor ha estado inmerso, a partir de la oferta académica de la Universidad Politécnica Salesiana.

El objetivo general es diseñar y simular un transportador semi – automático para crema de tomate con capacidad de 400 kg/h.

Dentro de los objetivos específicos se busca identificar todas las exigencias necesarias para el correcto diseño del sistema basándose en los parámetros de requerimiento, seleccionar de entre varias opciones de diseño, la más acorde para desarrollar este proyecto, diseñar cada elemento que conforma el sistema, elaborar los planos de conjunto y de detalle, simular las condiciones en las que se produciría la crema de tomate y comparar el factor de seguridad teórico con el obtenido mediante la simulación.

El presente proyecto nace de la necesidad de la Empresa Marcseal S.A. – Quito, ubicada en Carcelén, Industria dedicada a la elaboración de crema de tomate. Requieren optar por un sistema que mejore la eficiencia de la línea de producción, dosificando de manera exacta la materia prima, evitando pérdidas y mejorando el proceso productivo mediante un sistema que cumpla las exigencias de salubridad y medio ambiente al tratarse de productos alimenticios.

El alcance de la presente investigación es visualizar los componentes de ejecución operativa, organización ergonómica, salud ocupacional, rendimiento económico del procesamiento de crema de tomate. El diseño será seleccionado partiendo de la investigación de máquinas que poseen el mismo principio de funcionamiento, la generación de planos y simulación mediante la ayuda de un software especializado y estudio de materiales acorde a normas relacionadas con el ámbito alimenticio.



## **CAPÍTULO 1**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **1.1 Planteamiento del problema**

Todo proceso productivo tiene como finalidad ser eficiente en base a las necesidades de producción a las que se encuentra sometido. Cuando esto no sucede, es necesaria la implementación de un mejor sistema: rápido y eficiente, para así obtener excelentes resultados basados en condiciones fundamentadas en el cumplimiento de parámetros de calidad, salubridad y normas a las que se rigen los productos alimenticios y procesos productivos.

Actualmente el proceso productivo es de 200 kg/h de crema de tomate bajo condiciones que afectan la salud de los operarios y generando desperdicios, debido a la carga de las canecas que contienen la crema de tomate (253 kg) y al no tener un sistema que mida la cantidad de crema que se deposita en el tanque de mezcla, surge la oportunidad de mejorar el proceso productivo de la elaboración de crema de tomate mediante la propuesta de este trabajo y basándonos en el respaldo teórico que se detalla a continuación.

#### **1.2 Normativa de Seguridad industrial y salud ocupacional (SISO)**

La Organización Internacional de Trabajo (OIT) se refiere al peso máximo de carga que puede ser transportado por un trabajador al cual emite varias condiciones. No se deberá permitir a un trabajador el transporte manual de carga que pueda comprometer su salud o seguridad. Trabajo mediante carga no debe superar la capacidad física del trabajador (**Tabla 1**) (Organization, 1996 - 2012).

Tabla 1  
Capacidad de carga recomendada mediante la OIT

ADULTOS	OCASIONALMENTE	REPETIDAMENTE
Masculino	40 kilogramos	25 kilogramos
Femenino	30 kilogramos	20 kilogramos

Nota: Esta tabla muestra la capacidad física de carga de un trabajador dependiendo el tipo de trabajo  
Fuente: (ORACLE, 1988)

### 1.3 Composición de la crema de tomate

AGROZZI (Tomato cream) – Chile, es la empresa encargada de suministrar la crema de tomate, la misma que es entregada en canecas de 253 kg de peso. (**Anexo 1**). Para verter el contenido de las canecas se hace uso de un vira tanque existente en la empresa, tomando en cuenta que el diseño del sistema será adaptado a las dimensiones de dicho dispositivo. (**Anexo 2**)

La crema consta de los siguientes ingredientes: agua, pasta de tomate, azúcar, sal, acidulante (Vinagre grado alimenticio), espesante (Goma Xanthan). preservante (Sorbato de potasio), cebolla en polvo, especias (Pimienta, canela, etc) y sulfito.

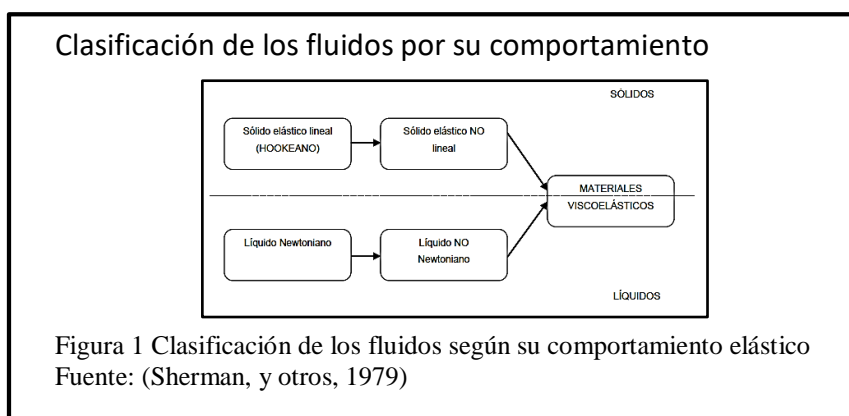
Las cantidades específicas hacen de este producto único en su receta y que no pueden ser detalladas dado el respeto legal existente al derecho de propiedad intelectual. Es necesario conocer las propiedades físicas de la crema de tomate con la finalidad de establecer parámetros de diseño, ya que, con este valor se puede calcular la potencia requerida del sistema, dimensiones, entre otros aspectos, del diseño de la máquina. Para ello se ha solicitado un análisis reológico de laboratorio al Departamento de Control de calidad de Marcseal S.A., resultado que, se adjunta (**Anexo 3**)

## 1.4 Reología

Es la ciencia de la deformación y el flujo de la materia (Mejía Francisco, 2009). Mediante el análisis reológico de una determinada materia, se puede obtener información con la finalidad de definir la materia y sus parámetros reológicos como viscosidad, consistencia, propiedades elásticas: y diseñar equipos de procesamiento industrial, conociendo previamente la caracterización de la materia.

## 1.5 Comportamiento de los alimentos

Es determinante comprender la clasificación de los fluidos, las cuales se muestran en la **figura 1**.

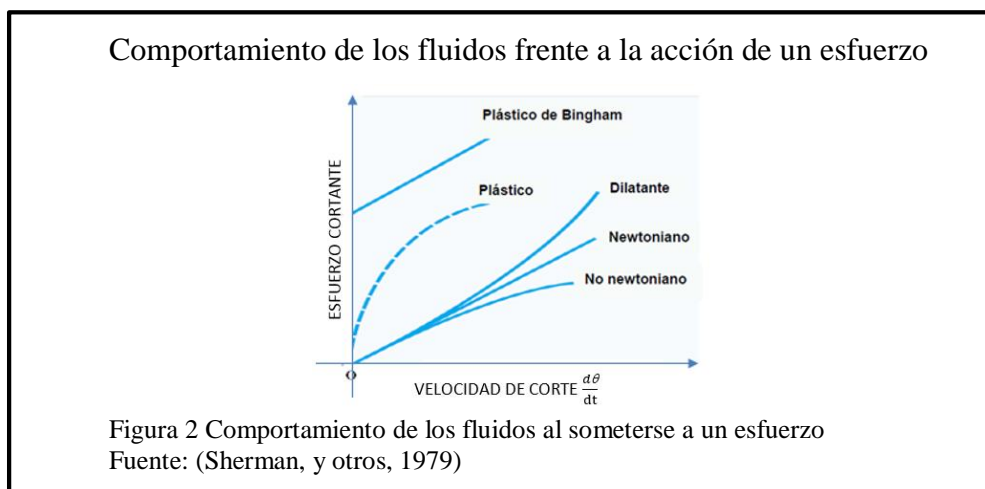


### 1.5.1 Fluidos

Una clasificación define a los fluidos como líquidos newtonianos, también, llamados fluidos verdaderos son aquellos que, sometidos a un esfuerzo tangencial o cortante, se deforman con una velocidad que es proporcional directamente al esfuerzo aplicado: en cambio los fluidos en los cuales el esfuerzo de corte no es directamente proporcional a la relación de deformación son no newtonianos (Mejía Francisco, 2009). Se clasifican en independientes del tiempo y dependientes del tiempo

Los fluidos no-newtonianos independientes del tiempo, se caracterizan porque las tensiones tangenciales dependen únicamente de la velocidad de deformación (Ibarrola, 2016).

Estos fluidos se subdividen en: pseudoplásticos que se caracterizan por una disminución de su viscosidad, y de su esfuerzo cortante, con la velocidad de deformación: y, dilatantes que son suspensiones en las que se produce un aumento de la viscosidad con la velocidad de deformación, es decir, un aumento del esfuerzo cortante con dicha velocidad (Miranda, 2012). Mientras que los líquidos no newtonianos dependientes del tiempo se clasifican en dos tipos: tixotrópicos, en los que su viscosidad disminuye al aumentar el tiempo de aplicación del esfuerzo cortante. Recuperando su estado inicial después de un reposo prolongado, y los fluidos reopécticos, en los cuales su viscosidad aumenta con el tiempo de la aplicación de la fuerza y vuelven a su estado anterior tras un tiempo de reposo **Figura 2** (Miranda, 2012).



## 1.6 Dosificación

Dosificar nos permite graduar la dosis de un determinado material ya sea en partes iguales o de manera continua en un determinado tiempo. Las principales ventajas del

uso de la dosificación son: fácil de operar, facilidad para realizar mantenimiento, disminución de tiempos de llenado, salubridad y optimización de recursos. Para la realización del presente proyecto y con la finalidad de analizar varias alternativas de diseño, se han tomado en cuenta los siguientes tipos de dosificadores volumétricos:

### 1.6.1 Dosificadores volumétricos

Estos sistemas son alimentados por tolvas dotadas con un agitador de paleta para asegurar una alimentación uniforme e impedir que el producto se aglomere o se formen cúmulos y vacíos (Torres, 2012).

### 1.6.2 Dosificadores de tornillo

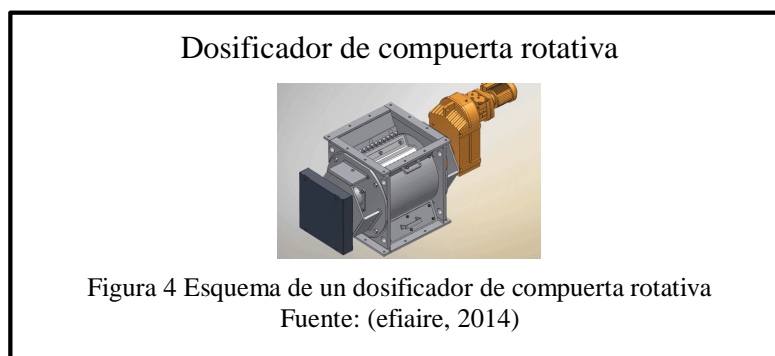
En la **figura 3** se observa un dosificador de tornillo sin fin situado en la parte inferior de la tolva de alimentación del material.



La velocidad de giro del tornillo está dada por un sistema de reducción de velocidad (por engranajes o bandas) agregado a un motor eléctrico o por el acoplamiento del motor a un variador de velocidad (Torres, 2012).

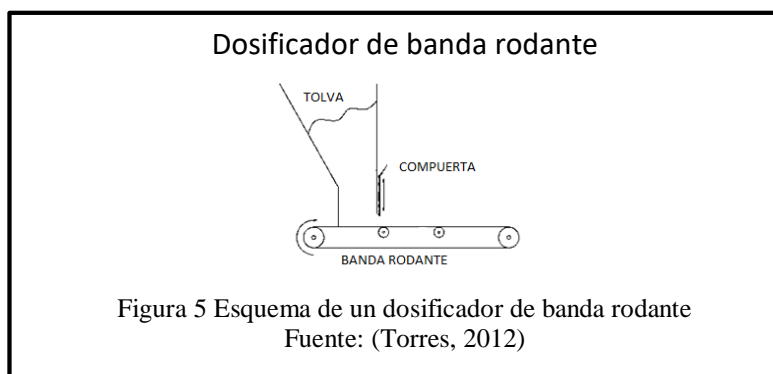
### 1.6.3 Dosificadores de compuerta rotativa

La compuerta rotativa es el principal elemento en este tipo de dosificadores la misma que se mueve mediante un motor, su esquema se muestra en la **figura 4**.



### 1.6.4 Dosificadores de banda rodante

El principio de funcionamiento de este tipo de dosificador se determina mediante la cantidad de producto expulsado por la compuerta de salida de la tolva y la velocidad de la banda transportadora **Figura 5** (Torres, 2012).



### 1.6.5 Dosificadores de pistón mecánico

En la **figura 6** se muestra el diseño de un dosificador de pistón neumático el mismo que es impulsado mediante un pistón volumétrico, cada ciclo de llenado equivale a una carrera del pistón.



### Dosificador de pistón neumático



Figura 6 Esquema de un dosificador de pistón neumático  
Fuente: (TheSaver.co, 2015)

## 1.7 Retenedor

Su principal finalidad es garantizar estanqueidad para así evitar que la sustancia de trabajo no fugue hacia el exterior del equipo. Su diseño sencillo, fácil instalación y adquisición permite dar solución eficiente a varias alternativas de diseño **Figura 7** (Lucero Ivan, 2014).

### Retenedores



Figura 7 Retenedores grado alimenticio  
Fuente: (RINDUSTRIALES, 2013)

## 1.8 Pernos de sujeción

Sin duda alguna la mejor opción al momento de realizar ensambles es optar por los pernos de sujeción debido a su gran variedad en el mercado, fácil instalación, fácil reemplazo, etc. **Figura 8.**

### Pernos de sujeción



Figura 8 Varios tipos de pernos de sujeción  
Fuente: (INTERMETALS R&D SAC, 2012)

## **CAPÍTULO 2**

### **REQUERIMIENTOS Y PARÁMETROS DE DISEÑO**

#### **2.1 Requerimientos**

Existen requerimientos de uso relacionados con la seguridad del operario al manipular la máquina, existe una conexión directa entre capacidad y responsabilidad que garantiza la ausencia de accidentes laborales o daños en los equipos. Dimensiones, facilidad de limpieza y conocimiento del mantenimiento que ésta pueda requerir, asegurar el cumplimiento de los parámetros establecidos por la empresa dentro de la línea de producción.

Dentro del diseño se debe considerar que todos los sistemas entre sí trabajen coordinadamente, mediante un ensamble adecuado con sujeción estable y resistente en todo su conjunto para así alcanzar los objetivos de la línea de producción. Dicha estructura en conjunto debe carecer de vibraciones excesivas que puedan generarse al poner en marcha el equipo.

#### **2.2 Parámetros de diseño**

Se deben considerar varios parámetros para determinar el diseño óptimo del sistema:

- a. Propiedades de la crema. Se debe determinar el diseño de tal manera que se mantenga constante el proceso de dosificación en base a las propiedades físicas que posee la crema de tomate tomando en cuenta que esta no se encuentra sometida a variación de temperatura.
- b. Higiene. Los materiales de los elementos deberán ser elegidos en base a normas que rigen los productos alimenticios dentro de la industria, las mismas que parten

de la manipulación de la crema, de esta manera, se evitará la contaminación de la materia prima.

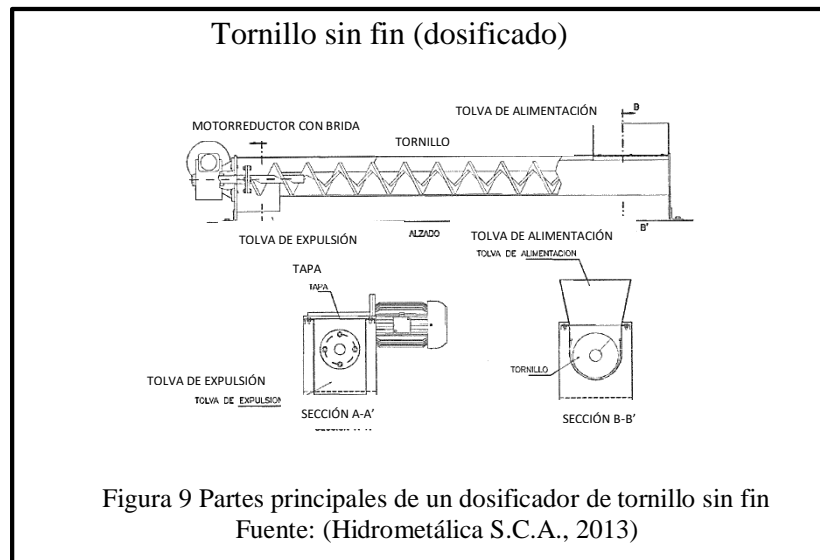
- c. Espacio físico. El área de trabajo que se puede ver en el (Anexo 4) no debe superar los 3000 mm x 3000 mm x 1000 mm (largo x ancho x altura) dimensiones en las que consta el área de seguridad.
- d. Mantenimiento. Se requiere una opción de diseño capaz de ser eficiente incluso en momentos en los que requiera mantenimiento, debido a que, el proceso de desmontaje y montaje debe ser rápido con la finalidad de optimizar posibles tiempos de para obligada.
- e. Ergonomía. El aspecto visual del prototipo tiene que cumplir con las expectativas y características propuestas por aquellas personas encargadas del proyecto, puesto que, la máquina debe ser eficiente en su uso con la finalidad de mejorar la productividad en la sección.

## **2.3 Estudio de alternativas**

Una vez conocidos los requerimientos y parámetros de diseño se proceden a dividir en subsistemas con la finalidad de determinar la opción más viable como prototipo de simulación. Se definen solamente dos tipos de alternativas:

### **2.3.1 Alternativa A. Dosificador de tornillo sin fin**

El proceso de dosificación se realiza mediante un tornillo sin fin que permite llegar hasta las boquillas desde donde el producto es colocado en su lugar final de acuerdo a los requerimientos de producción; la **figura 9** permite tener una idea más clara de este tipo de sistemas.



Las ventajas son: no requiere de grandes áreas de trabajo, fácil montaje, soportan altas temperaturas, herméticos, versátil, varias zonas de carga y descarga, dosificación continua. Mientras que, las desventajas son: no se pueden transportar materiales frágiles, delicados o abrasivos, mayores requerimientos de potencia, al quedar residuo de materiales transportados con anterioridad existen riesgos de contaminación, volumen de material bajo.

### 2.3.2 Alternativa B. Dosificador de pistón neumático

Cada ciclo de llenado consiste de un cilindro de carga, en la carrera de alimentación el producto es alimentado o succionado desde una tolva superior, en la carrera de descarga el producto se entrega al contenedor (envase vidrio, PET, etc., bolsa doy pack, entre otros) (TecnoEmbalaje S.A.S., 2015).

La cantidad de producto es ajustada por un ajuste simple de la carrera del cilindro neumático, mediante una manivela, el ciclo de operación puede ser manual o automático, regulándose la velocidad mediante reguladores de flujo, sus partes se muestran en la **figura 10** (TecnoEmbalaje S.A.S., 2015).

### Partes principales de un dosificador con pistón neumático



Figura 10 Partes principales de un dosificador con pistón neumático  
Fuente: (TECNOEMBALAJE S.A.S., 2015)

Las principales ventajas son: su vida útil es prolongada, tiene la posibilidad de variar la velocidad de la carrera del pistón mediante el control de flujo de aire, su mantenimiento es práctico. Mientras que, las desventajas son: el funcionamiento del sistema implica el movimiento constante de sus partes, dosificando continuamente la sustancia, lo cual puede llevar a pérdidas de eficiencia en la producción, por lo general se utiliza para dosificar cantidades mínimas en cada salida del pistón.

Para la selección de la alternativa más adecuada se evalúa mediante criterios ponderados cada opción tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Tamaño. - sistema dimensionado acorde al espacio físico existente.
- b. Peso. - sistema de fácil movilidad.
- c. Facilidad de construcción. - poca complejidad en el diseño de sus partes.
- d. Facilidad de montaje. - diseño práctico.
- e. Mantenimiento. - capaz de realizarse en el menor tiempo posible.
- f. Resistencia a la corrosión. - la mayoría de las partes fabricadas en acero inoxidable.
- g. Ruido. - diseño capaz de mantener la ergonomía del lugar de trabajo.

## 2.4 Selección de alternativa

La evaluación se realiza basándose en los factores propuestos para cada una de las alternativas, la evaluación total para cada propuesta resulta de la suma de las calificaciones en base al criterio de diseño. (**Tabla2**)

Tabla 2  
Criterios ponderados en las alternativas de diseño

FACTORES Y VALORES DE APROBACIÓN DE LAS ALTERNATIVAS					
Nº	CRITERIO DE PONDERACION	FACTOR DE IMPORTANCIA	ALTERNATIVA IDEAL	ALTERNATIVA A (Tornillo sin fin)	ALTERNATIVA B (Pistón mecánico)
1	TAMAÑO	0.9	10	7	6
2	PESO	0.5	10	4	3
3	FACILIDAD DE CONSTRUCCIÓN	0.8	10	5	4
4	FACILIDAD DE MONTAJE	0.6	10	5	4
5	MANTENIMIENTO	0.9	10	7	7
6	RESISTENCIA A LA CORROSIÓN	0.6	10	5	5
7	RUIDO	0.7	10	6	2
TOTAL			70	39	31
ORDEN DE SELECCION				1	2

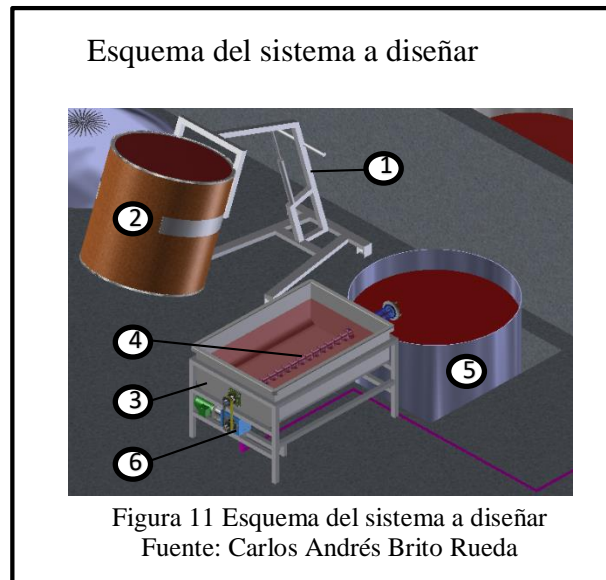
Nota: Esta tabla muestra el resultado del análisis de las alternativas mediante criterios ponderados.  
Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

Del análisis de la (**Tabla 2**) se determina que la alternativa “A” (dosificador de tornillo sin fin) es la más conveniente para el diseño.

## CAPÍTULO 3

### CÁLCULOS Y DISEÑO DE LA MÁQUINA

Mediante la ayuda de un dispositivo manual denominado vira tanque (1); se vierte el contenido de la caneca de crema de tomate (de 235 a 300 kg) (2) sobre la tolva (3), el tornillo dosificador (4) tendrá como función dosificar la crema de tomate hacia el tanque de mezcla (5), el mismo que ejerce su movimiento mediante un motor reductor (6). La **figura 11** muestra el esquema del diseño. Los componentes a diseñar se encuentran enlistados en el (**Anexo 19**).



#### 3.1 Capacidad de producción del sistema

Se define como objetivo específico realizar el diseño con la finalidad de alcanzar una capacidad de producción de 400 kg de crema de tomate por hora.

$$Q_{\text{teorico}} = 400 \frac{\text{kg}}{\text{h}} \frac{1 \text{ ton}}{1000 \text{ kg}}$$

$$Q_{\text{teorico}} = 0,4 \frac{\text{ton}}{\text{h}}$$

### 3.2 Densidad de la crema de tomate

Según análisis de laboratorio realizado por el departamento de calidad de Marcseal S.A. adjunto (**Anexo 3**) se determina que la densidad de la crema de tomate es:

$$\delta = 1,4 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}$$

### 3.3 Capacidad de carga, diámetros y ángulo de avance del tornillo dosificador

La capacidad de carga teórica se determina mediante la ecuación:

$$Q_{\text{teorico}} = 3600 \times S \times v \times \delta \times k \quad \text{Ec.3.1}$$

Pero:

$$S = \frac{\Pi \times D^2 \times \lambda}{4} \quad \text{Ec.3.2}$$

$$v = \frac{t \times n}{60} \quad \text{Ec.3.3}$$

Consideraciones:

- El tornillo dosificador es de paso normal lo que implica que el paso es igual al diámetro  $t=D$ .
- Se selecciona  $n=60$  rpm dada las facilidades de adquisición del motor en el mercado.
- Los valores de “k” y “λ” se determinan mediante las tablas incluidas en el (**Anexo 5**).

Reemplazando la Ec. 3.2 y la Ec. 3.3 en la Ec. 3.1 se tiene:

$$Q_{\text{teorico}} = \frac{3600 \times \Pi \times D^2 \times \lambda \times t \times n \times \delta \times k}{4 \times 60}$$

Reemplazando  $t=D$  y despejando D se tiene:



$$D = \sqrt[3]{\frac{Q_{\text{teorico}}}{47 \times \lambda \times \delta \times k \times n}}$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{0,4}{47 \times 0,4 \times 1,4 \times 1 \times 60}}$$

$$D = 0,06327 \text{ m} \left| \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \frac{1 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} \right| = 2,491 \text{ pulg}$$

Se calcula la capacidad de carga real:

$$Q_{\text{real}} = 47 \times \lambda \times \delta \times k \times n \times D^3$$

$$Q_{\text{real}} = 47 \times 0,4 \times 1,4 \times 1 \times 60 \times (0,06327 \text{ m})^3$$

$$Q_{\text{real}} = 0.394 \frac{\text{ton}}{\text{h}}$$

Debido a que  $Q_{\text{teorica}} \cong Q_{\text{real}}$  el diseño es óptimo.

$\therefore D \geq 3$  pulg satisface las necesidades de dosificación

$\therefore$  Se define el diseño con un  $D = 80 \text{ mm} = 3,14 \text{ pulg}$ .

### 3.3.1 Cálculo del diámetro de la base de la hélice del tornillo dosificador

$$Q_{\text{real}} = \frac{\Pi}{4} (D^2 - d^2) \times t \times n \times \lambda \times 60 \quad \left[ \frac{\text{ton}}{\text{h}} \right] \quad \text{Ec.3.4}$$

$$d = \sqrt{D^2 - \frac{4 \times Q_{\text{real}}}{\Pi \times t \times n \times \lambda \times 60}} \quad [\text{m}]$$

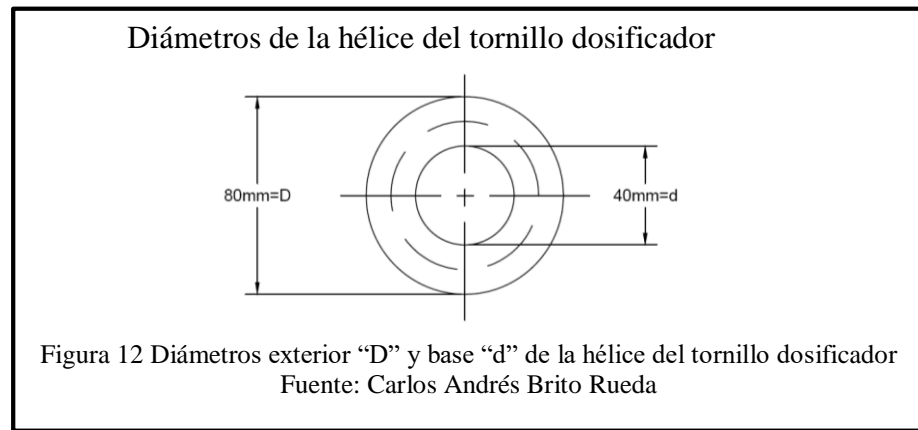
$$d = \sqrt{(0,08)^2 - \frac{4 \times 0,4}{\Pi \times 0,08 \times 60 \times 0,4 \times 60}} \quad [\text{m}]$$

$$d = \sqrt{0,001979} \quad [\text{m}]$$

$$d = 0,04048 \text{ m} \left| \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m}} \frac{1 \text{ pulg}}{2,54 \text{ cm}} \right| = 1,57 \text{ pulg}$$

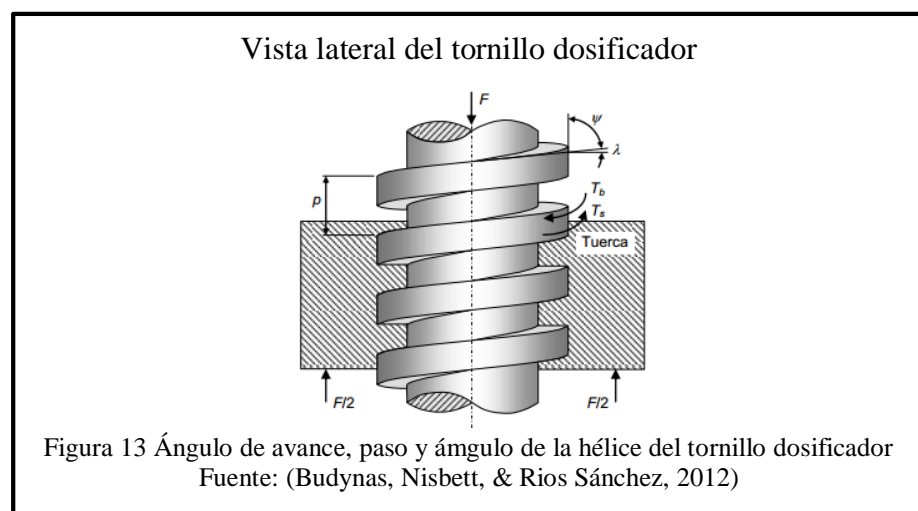
$\therefore$  Se define el diseño con un  $d = 40 \text{ mm} = 1,57 \text{ pulg}$ .

La **figura 12** muestra el diámetro exterior “D” y diámetro base “d” determinados en el diseño del tornillo dosificador. El plano se muestra en el (**Anexo 19**) como “Tornillo dosificador”.



### 3.3.2 Cálculo del ángulo de avance del tornillo dosificador

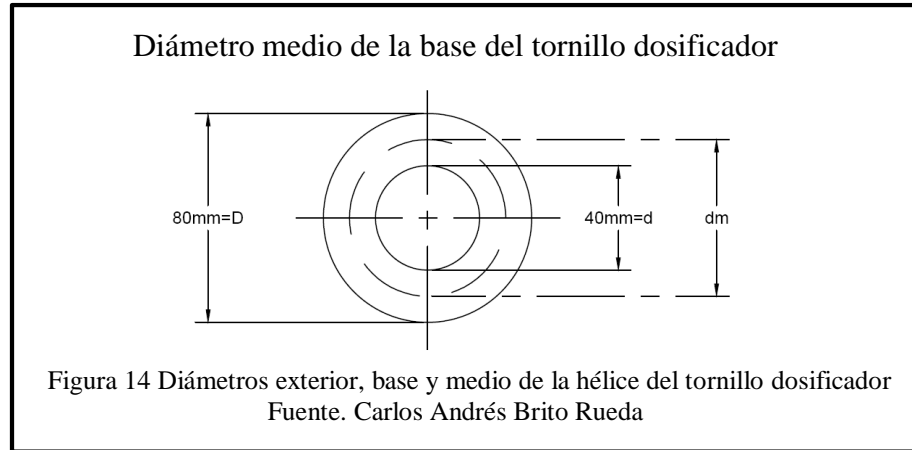
La **figura 13** muestra la vista lateral del tornillo dosificador donde se observa el ángulo de avance “ $\lambda$ ”, el paso “ $t$ ” y el ángulo de la hélice “ $\Psi$ ”. El plano se muestra en el **(Anexo 19)** como “Tornillo dosificador”.



Consideraciones:

- El tornillo dosificador es de paso normal lo que implica que el paso es igual al diámetro “ $t=D$ ”.
- Se debe determinar el diámetro medio “ $d_m$ ” de la hélice del tornillo dosificador para calcular el perímetro donde actúan las fuerzas **figura 14**.

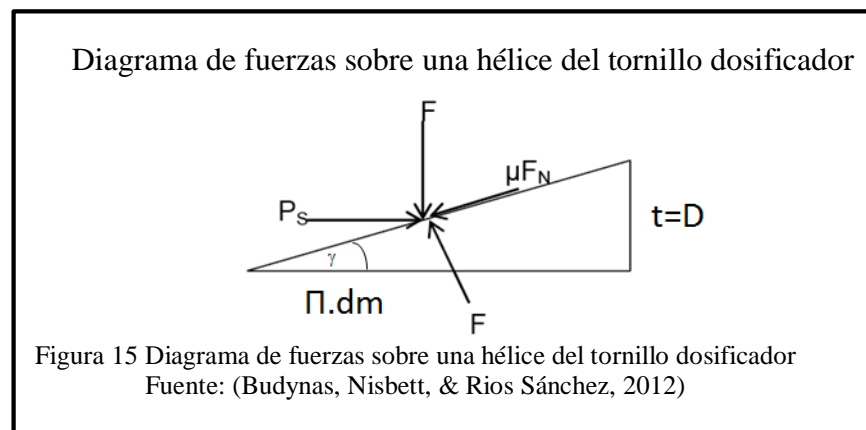
- c. Se analiza las fuerzas que actúan sobre el área normal de la rosca y el ángulo de avance **figura 15**, para determinar el ángulo de avance “ $\lambda$ ” del tornillo dosificador mediante el teorema de Pitágoras.



Entonces, reemplazando los valores se tiene:

$$dm = \frac{80 + 40}{2}$$

$$dm = 60\text{mm}$$



$$\tan \gamma = \frac{D}{\pi \cdot dm} \quad \text{Ec. 3.6}$$

$$\gamma = \frac{80\text{mm}}{\pi(60\text{mm})}$$

$$\gamma = 23^\circ$$

### 3.4 Cálculo potencia requerida para el sistema

**Ec. 3.7**

$$P = P_H + P_N + P_{ST}$$

Pero:

$$P_N = \frac{D \times L}{20} \quad \text{Ec. 3.8}$$

$$P_H = C_o \frac{Q \times L}{367} \quad \text{Ec. 3.9}$$

Consideraciones:

- $P_{ST} = 0$  debido a que el tornillo dosificador se encuentra en posición horizontal.
- La longitud “L” del tornillo dosificador bajo la columna de crema de tomate es de 1,25 m.
- El valor de “ $C_o$ ” = 1,2 se determina mediante la tabla adjunta en el **(Anexo 5)**.

Reemplazando los valores en la Ec. 3.8 y Ec. 3.9 se tiene:

$$P_N = \frac{0,08 \times 1,258}{20}$$

$$P_N = 0,00503 \text{ Kw}$$

$$P_H = 1,2 \frac{0,40 \times 1,258}{367}$$

$$P_H = 0,00164 \text{ Kw}$$

Reemplazando los valores de  $P_N$  y  $P_H$  en la Ec. 3.7 se tiene:

$$P = (0,00503 + 0,00164 + 0) \text{ Kw}$$

$$P = 0,00667 \text{ Kw} \frac{1,3410 \text{ HP}}{1 \text{ Kw}}$$

$$P = 0,0088 \text{ HP}$$

Tomando en cuenta que no existe un motor de 0,0088 HP, dada la facilidad de adquisición en el mercado de motores de 0,5 HP y asegurando que con dicha potencia se satisface la necesidad de dosificación se procede a seleccionar un motor de 0,5 HP de potencia con sus respectivas características técnicas. **(Anexo 10)**

### 3.5 Cálculos de bandas y poleas requeridas en el sistema

Es sistema ejerce movimiento mediante el sistema polea – banda. La representación de la polea acoplada al tornillo dosificador y la banda se encuentra adjunta en el (Anexo 19) plano de conjunto detalle “D”.

Consideraciones:

- La relación de transmisión de las poleas es de 1:1.
- La distancia entre centros debe cumplir la siguiente condición:

$$D < C < 3 (D_p + d_p)$$

Entonces:

$$80 \text{ mm} < C < 3(80+80) \text{ mm}$$

$$80 \text{ mm} < C < 480 \text{ mm}$$

∴ Se define el diseño con una distancia entre centros de  $C=250 \text{ mm}$ . El plano se muestra en el (Anexo 19) como “Dosificador de crema de tomate”.

#### 3.5.1 Longitud de banda

Se requiere conocer la longitud de banda con la finalidad de determinar una dimensión óptima para el correcto funcionamiento del sistema.

$$L_b = \left[ 4C^2 - (D_p - d_p)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{2} (D_p \theta_D + d_p \theta_d) \quad \text{Ec. 3.10}$$

Pero:

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{D_p - d_p}{2C} \quad \text{Ec. 3.11}$$

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{D_p - d_p}{2C} \quad \text{Ec. 3.12}$$

La relación de transmisión es 1:1 por lo tanto “D=d”.

Reemplazando D=d en Ec. 3.11 y Ec. 3.12 se tiene:

$$\theta_D = \pi + 2\text{sen}^{-1} 0$$

$$\theta_d = \pi - 2\text{sen}^{-1} 0$$

$$\theta_D = \theta_d = \pi$$

Reemplazando  $\theta_D$  y  $\theta_d$  en Ec. 3.10 se tiene:

$$L_b = \left[ 4C^2 - (D_p - d_p)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{2} (D_p \theta_D + d_p \theta_d)$$

$$L_b = \left[ 4(250)^2 - (80 - 80)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{2} (80 + 80)\pi$$

$$L_b = 500 + 251,33$$

$$L_b = 751,33\text{mm}$$

### 3.5.2 Cálculo de la tensión centrífuga de la banda

$$F_c = \frac{W}{32,17} \left( \frac{V}{60} \right)^2 \quad \text{Ec. 3.13}$$

Pero:

$$V = \frac{\pi \times D \times n}{12} \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$w = 12\gamma b t \quad \text{Ec. 3.15}$$

Consideraciones:

- Mediante la tabla incluida en el (**Anexo 6**) y tomando en cuenta que el diámetro de la polea motriz es de 80 mm = 3,15 pulg se determina la idoneidad de la banda plana tipo A-2<sup>c</sup>.
- Con esta selección de banda se obtiene el valor de “ $\gamma$ ” mediante la tabla adjunta en el (**Anexo 6**).

c. El ancho de la polea “b” es 0,5 pulg por diseño.

Reemplazando  $D=80\text{ mm}=3,14\text{ pulg}$  y  $n=60\text{ rpm}$  en la Ec. 3.14 se tiene:

$$V = \frac{\pi \times 3,14 \times 60}{12}$$

$$V = 49,32 \frac{\text{pie}}{\text{min}} \frac{0,305\text{m}}{1\text{pie}} \frac{1\text{min}}{60\text{s}}$$

$$V = 0,25 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Reemplazando  $\gamma = 0,037\text{ lbf/pulg}^3$ ,  $b=0,5\text{ pulg}$  y  $t=0,11\text{ pulg}$  en la Ec. 3.15 se tiene:

$$w = 12(0,037)(0,5)(0,11)$$

$$w = 0,0244 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}} \frac{4,448\text{N}}{1\text{lbf}} \frac{1\text{pulg}}{0,0254\text{m}}$$

$$w = 4,276 \frac{\text{N}}{\text{m}}$$

Reemplazando  $V = 49,32\text{ pie/min}$  y  $w = 0,0244\text{ lbf/pulg}$  en la Ec. 3.13 se tiene:

$$F_c = \frac{0,0244}{32,17} \left( \frac{49,32}{60} \right)^2$$

$$F_c = 0,000512\text{ lbf} \frac{4,448\text{N}}{1\text{lbf}}$$

$$F_c = 0,0023\text{N}$$

### 3.5.3 Sistema de templado de la banda

El motor se encuentra apoyado sobre cuatro espárragos de  $1/2 - 13\text{ UNC}$  los cuales mediante ajuste regulan el templado de la banda en conjunto con las tuercas y arandelas correspondientes. (**Anexo 19**)

### 3.5.4 Cálculo del par de torsión

$$T = \frac{22500 \times H \times K_s \times nd}{n \times \pi} \quad \text{Ec. 3.16}$$

Consideraciones:

- Mediante la tabla adjunta en el (**Anexo 7**) se obtiene el valor de “ks”.
- El factor de seguridad del diseño es “nd”=1,5.

Reemplazando H= 0,5 HP, ks= 1,2, nd= 1,5 y n= 60 rev/min en la Ec. 3.16 se tiene:

$$T = \frac{22500 \times 0,5 \times 1,2 \times 1,5}{60 \times \pi}$$

$$T = 107,429 \text{ kg.cm} \frac{9,8 \text{ N}}{1 \text{ kgf}} \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}}$$

$$T = 10,528 \text{ N.m} = 279,147 \text{ lbf.pulg}$$

### 3.5.5 Cálculo de fuerzas sobre la polea

Partiendo de la relación:  $\frac{F_1}{F_2} = e^{f\theta}$

Pero:  $F_1 = F_i + F_c + \frac{T}{D}$  **Ec.3.17**

$$F_2 = F_i + F_c - \frac{T}{D}$$
 **Ec.3.18**

$$F_i = \frac{T e^{(f\theta)} + 1}{D e^{(f\theta)} - 1}$$
 **Ec.3.19**

Consideraciones:

- El coeficiente de fricción (f) se determina mediante la tabla del (**Anexo 6**).

Reemplazando T= 279,147 lbf.pulg, D= 3,14 pulg, y f=0,8 en la Ec. 3.19 se tiene:

$$F_i = \frac{T e^{(f\theta)} + 1}{D e^{(f\theta)} - 1}$$

$$F_i = \frac{279,147 e^{(0,8 \times \pi)} + 1}{3,14 e^{(0,8 \times \pi)} - 1}$$



$$F_i = 88,9 \frac{13,34}{11,34}$$

$$F_i = 104,579 \text{ lbf} \frac{4,448 \text{ N}}{1 \text{ lbf}}$$

$$F_i = 465,17 \text{ N}$$

Reemplazando  $T = 279,147 \text{ lbf.pulg}$ ,  $D = 3,14 \text{ pulg}$ ,  $F_i = 104,58 \text{ lbf}$  y  $F_c = 0,00082 \text{ lbf}$  en la Ec. 3.17 y Ec. 3.18 se tiene:

$$F_1 = 104,58 + 0,00082 + \frac{279,147}{3,14}$$

$$F_1 = 193,48 \text{ lbf} \frac{4,448 \text{ N}}{1 \text{ lbf}}$$

$$F_1 = 860,6 \text{ N}$$

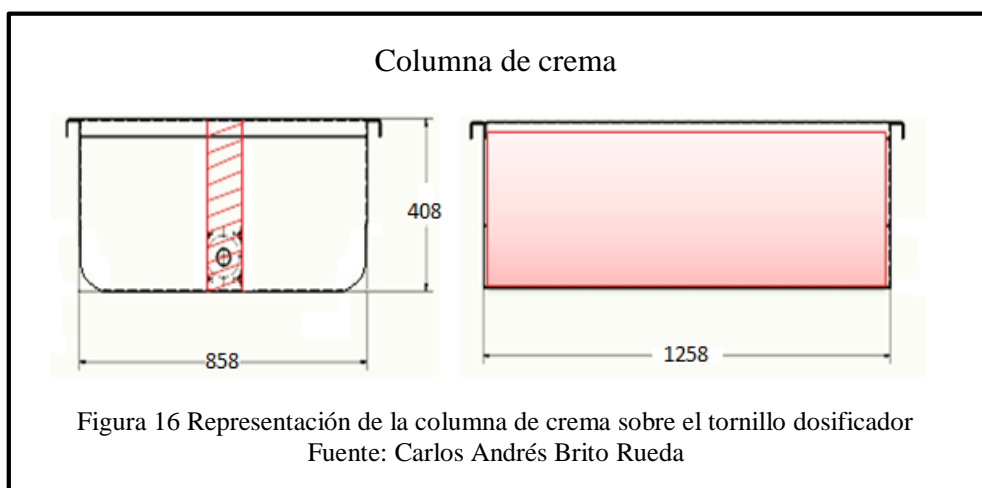
$$F_2 = 104,58 + 0,00082 - \frac{279,147}{3,14}$$

$$F_2 = 15,68 \text{ lbf} \frac{4,448 \text{ N}}{1 \text{ lbf}}$$

$$F_2 = 69,74 \text{ N}$$

### 3.6 Cálculo de la fuerza distribuida sobre el tornillo dosificador

La **figura 16** muestra la columna de crema que se encuentra sobre el tornillo dosificador tomando en cuenta la cantidad de masa sobre el área del tornillo dosificador.



Consideraciones:

- a. Se determina la columna de crema sobre el tornillo dosificador.

$$V = (\text{largo} \times \text{ancho} \times \text{altura})_{\text{rectangular}}$$

$$V = (1250 \times 80 \times 400)$$

$$V = 40000000 \text{ mm}^3 \frac{1\text{cm}^3}{(10\text{mm})^3}$$

$$V = 40000\text{cm}^3$$

- b. Se determina la cantidad de masa contenida en la columna de crema sobre el tornillo dosificador.

$$m = \delta \cdot v$$

$$m = 1,4 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3} (40000\text{cm}^3)$$

$$m = 56000\text{gr} \left| \frac{1\text{kg}}{1000\text{gr}} \right| 9,8\text{N}$$

$$m = 548,8\text{N}$$

Entonces, la carga distribuida sobre el tornillo dosificador es:

$$w = \frac{m}{l} \quad \text{Ec. 3.20}$$

Reemplazando los valores de  $m = 548,8 \text{ N}$  y  $l = 1,258 \text{ m}$  en la Ec. 3.20 se tiene:

$$w = \frac{548,8}{1,258}$$

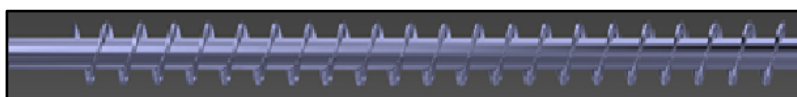
$$w = 439,04 \frac{\text{N}}{\text{m}} \left| \frac{1\text{Kgf}}{9,8\text{N}} \right| \left| \frac{1\text{lbf}}{0,4536\text{Kgf}} \right| \left| \frac{0,0254\text{m}}{1\text{pulg}} \right|$$

$$w = 2,51 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}}$$

### 3.6.1 Cálculo de las reacciones y el momento máximo sobre el tornillo dosificador

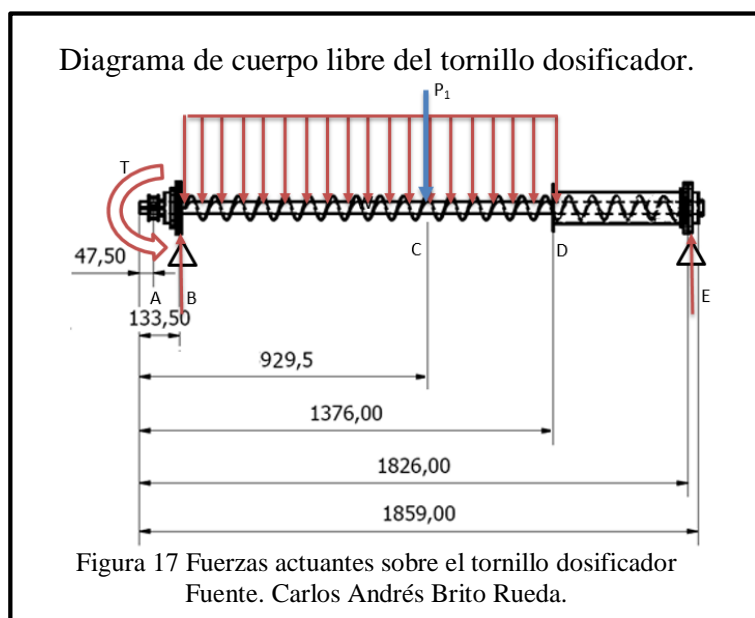
Mediante el Software Inventor 2015 se procede a determinar el peso del tornillo dosificador tomando en cuenta el material ACERO INOXIDABLE 304, (**Tabla 3**)

Tabla 3  
Características generales – Tornillo dosificador

		
NOMBRE: TORNILLO DOSIFICADOR	MINIMO	MAXIMO
VOLUMEN	2836320 mm <sup>3</sup>	
MASA	22,6906 kg	
FACTOR DE SEGURIDAD	15 ul	15 ul

Nota: En esta tabla se muestran varias características técnicas del tornillo dosificador diseñado.  
Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

En la **figura 17** se observa el diagrama de cuerpo libre del tornillo dosificador con todas las reacciones y momento que actúan sobre el mismo, así como también los apoyos respectivos.



Mediante el Software MDSolids Modules se procede a ingresar los valores de  $P=22,6$  Kg = 221,48 N correspondiente al peso del tornillo dosificador,  $T=10,528$  N.m del torque producido por el motor y  $w=439,04$  N/m correspondiente a la carga distribuida sobre el tornillo dosificador, así como también las distancias respectivas a las que se encuentran los apoyos sobre los que reposa el tornillo, todos estos valores están representados en la **figura 18** con la finalidad de encontrar las reacciones sobre los apoyos y el momento máximo.

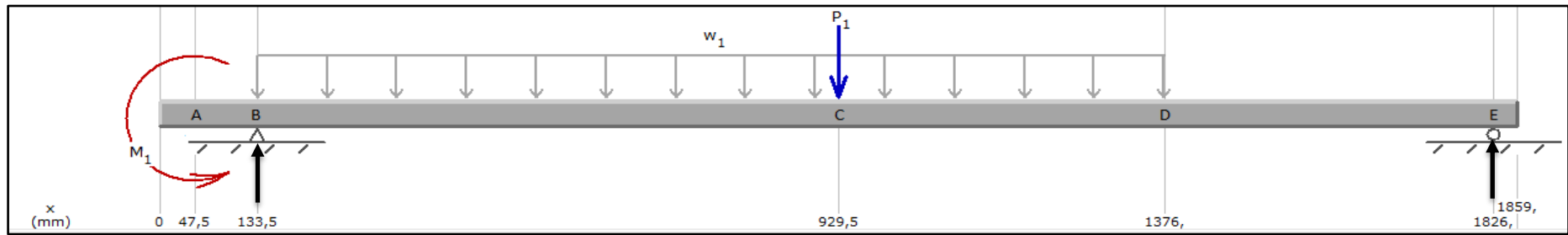


Figura 18 Diagrama de cuerpo libre del tornillo dosificador

Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

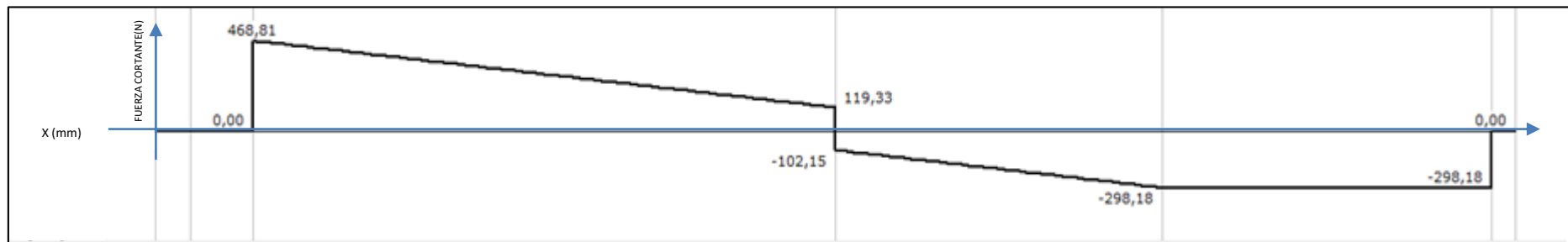


Figura 19 Diagrama de fuerza cortante y reacciones del tornillo dosificador

Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

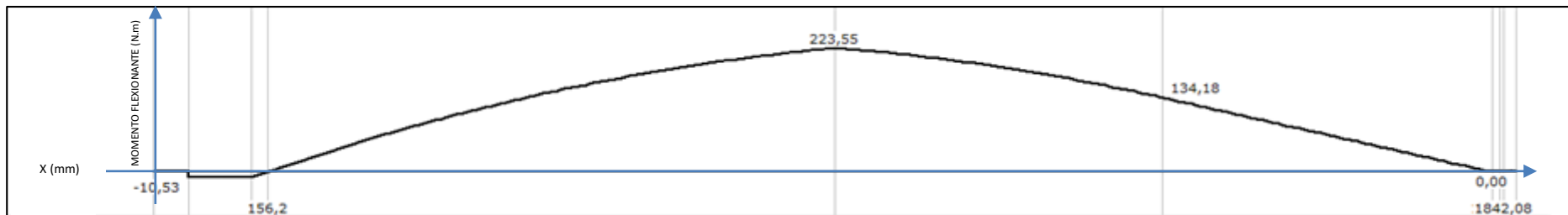


Figura 20 Diagrama de momento flector del tornillo dosificador

Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

Las reacciones en los apoyos B y E que se muestran en la **figura 18**, son determinados mediante la **figura 19**:

$$R_{By} = -468,81 \text{ N}$$

$$R_{Ey} = 298,18 \text{ N}$$

El momento máximo ubicado en el punto “C” mediante la **figura 20** es:

$$M_{\max} = 223,55 \frac{\text{N}}{\text{m}} \left| \frac{1\text{Kgf}}{9,8\text{N}} \right| \left| \frac{1\text{lbf}}{0,4536\text{Kgf}} \right| \left| \frac{0,0254\text{m}}{1\text{pulg}} \right|$$

$$M_{\max} = 1978,58 \text{ lbf} \cdot \text{pulg}$$

Ver Figura 35 Capitulo 3.15

### 3.7 Diseño estático del tornillo dosificador

El diseño estático se realiza con la finalidad de utilizar los métodos gráficos para la determinación óptima de la situación estructural de los objetos a construir. Partiendo de esto se determina los esfuerzos principales normales en la sección crítica del tornillo dosificador.

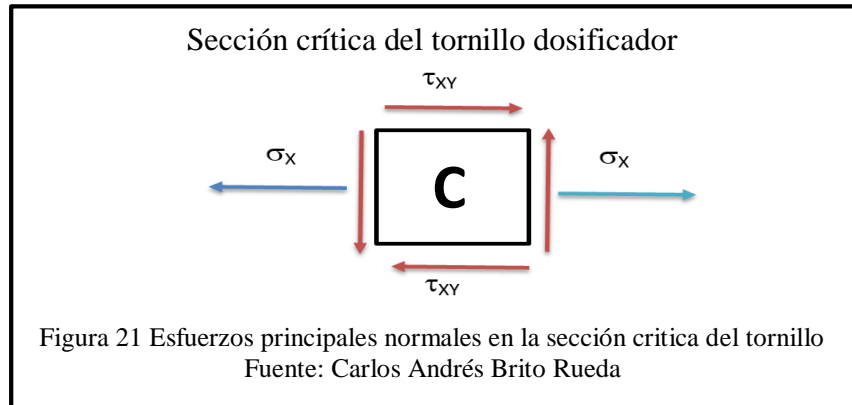
Consideraciones:

- La sección crítica del tornillo dosificador se encuentra a una distancia de 929,5 mm en el punto “C” del diagrama de momento flector con un  $M_{\max} = 223,55 \text{ N.m}$ .

#### **Figura 20**

- Por diseño el material del tornillo dosificador es ACERO INOXIDABLE AISI 304, la tabla adjunta en el (**Anexo 8**) indica sus propiedades.
- El factor de seguridad del diseño es  $n_d = 1,5$ .

- d. Se determina los esfuerzos principales normales que actúan en el punto “C” y se representan mediante la **figura 21**.



Entonces:

$$\sigma_{A,D} = \frac{16M}{\pi d^3} \pm \sqrt{\left(\frac{16M}{\pi d^3}\right)^2 + \left(\frac{16T}{\pi d^3}\right)^2} \quad \text{Ec. 3.21}$$

Sacando factor común  $\frac{16}{\pi d^3}$  en la Ec.3.21 se tiene:

$$\sigma_{A,D} = \frac{16}{\pi d^3} \left( M \pm \sqrt{M^2 + T^2} \right)$$

Reemplazando los valores de  $M = 1978,58 \text{ lbf. pulg}$  y  $T = 279,147 \text{ lbf.pulg}$  en la Ec.

3.21 se tiene:

$$\begin{aligned} \sigma_1 &= \frac{16}{\pi d^3} \left( M + \sqrt{M^2 + T^2} \right) \\ \sigma_1 &= \frac{16}{\pi d^3} \left( 1978,58 + \sqrt{(1978,58)^2 + (279,147)^2} \right) \\ \sigma_1 &= \frac{20253,445}{d^3} \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} \\ \sigma_2 &= \frac{16}{\pi d^3} \left( M - \sqrt{M^2 + T^2} \right) \\ \sigma_2 &= \frac{16}{\pi d^3} \left( 1978,58 - \sqrt{(1978,58)^2 + (279,147)^2} \right) \\ \sigma_2 &= \frac{-99,795}{d^3} \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} \end{aligned}$$

Aplicando la teoría de la distorsión se tiene:

$$S_E = \frac{S_y}{\sqrt{1 + \left(\frac{\sigma_2}{\sigma_1}\right)^2}} \quad \text{Ec. 3.22}$$

Reemplazando los valores de  $\sigma_1 = \frac{1978,58}{d^3} \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$ ,  $\sigma_2 = \frac{-99,795}{d^3} \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$ , en la Ec. 3.22 se tiene:

$$S_y = 276 \text{Mpa} = 40030,405 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

$$S_E = \frac{40030,405}{\sqrt{1 + \left(\frac{-99,795}{1978,58}\right)^2}}$$

$$S_E = \frac{40030,405}{0,975}$$

$$S_E = 41024,87 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

Tomando en cuenta el factor de seguridad de diseño se tiene:

$$n_d = \frac{S_E}{\sigma_1} \quad \text{Ec. 3.23}$$

Reemplazando los valores de,  $\sigma_1 = \frac{20253,445}{d^3} \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$   $S_E = 41024,87 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$  y

$n_d=1,5$  en la Ec. 3.23 se tiene:

$$n_d = \frac{41024,87 d^3}{20253,445} = 1,5$$

$$d^3 = 0,74$$

$$d = 0,9 \text{ pulg}$$

$$d = 22,86 \text{ mm}$$

Como  $d < d_m$ , es decir,  $22,86 \text{ mm} < 40 \text{ mm}$

∴ El punto C puede tener como mínimo un  $d=22,86$  mm, pero al tener en el diseño un  $d_m=40$ mm el diseño es correcto.

El factor de seguridad del diseño se asume con un valor de 1,5 por criterio propio.

### 3.8 Diseño dinámico del tornillo dosificador

Cuando analizamos un esfuerzo que se aplica en un período relativamente corto recibe el nombre de “diseño dinámico”. Los esfuerzos dinámicos se distinguen de los estáticos por el hecho de originar modificaciones tanto en la magnitud de las tensiones como en las deformaciones a que dan lugar, afectando también la forma y límite de rotura de los materiales.

Aplicando el diseño por fatiga se tiene:

$$\sigma_{x \max} = \frac{32M_{\max}}{\pi d^3} \quad \text{Ec. 3.24}$$

$$\tau_{xy \max} = \frac{16T}{\pi d^3} \quad \text{Ec. 3.25}$$

$$\sigma_m = \tau_{xy \max} \cdot \sqrt{3} \quad \text{Ec. 3.26}$$

Reemplazando los valores de  $M_{\max}=1978,58$  lbf. pulg y  $d=3,14$  pulg en la Ec. 3.24 se tiene:

$$\begin{aligned} \sigma_{x \max} &= \frac{32(1978,58)}{\pi(3,14)^3} \\ \sigma_{x \max} &= 650,975 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} \left| \frac{1\text{MPa.pulg}^2}{145,038\text{lbf}} \right| \\ \sigma_{x \max} &= 4,488\text{MPa} \end{aligned}$$

Reemplazando los valores de  $T=279,147$  lbf. pulg y  $d=3,14$  pulg en la Ec. 3.25 se tiene:



$$\tau_{xy\max} = \frac{16(279,147)}{\pi(3,14)^3}$$

$$\tau_{xy\max} = 45,92 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

$$\tau_{xy\max} = 0,316 \text{MPa}$$

Reemplazando el valor de  $\tau_{xy\max} = 45,92 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$  en la Ec. 3.26 se tiene:

$$\sigma_m = 45,92(\sqrt{3})$$

$$\sigma_m = 79,538 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

$$\sigma_m = 0,548 \text{MPa}$$

Consideraciones:

- Por diseño el material del tornillo dosificador es ACERO INOXIDABLE AISI 304, la tabla adjunta en el (**Anexo 8**) indica sus propiedades.
- Partiendo de que  $S_{ut} = 568 \text{ MPa} = 82,4 \text{ Kpsi}$  y es menor que 200 Kpsi se calcula el valor de  $S_e$ .

Entonces:

$$S_e' = d S_{ut} \quad \text{Ec. 3.27}$$

Reemplazando los valores de  $d = 40 \text{ mm} = 1,47 \text{ pulg}$  y  $S_{ut} = 568 \text{ MPa}$  en la Ec. 3.27 se tiene:

$$S_e' = (1,47) 568 \text{ MPa}$$

$$S_e' = 834,96 \text{ MPa}$$

Se calcula el límite de resistencia a la fatiga a partir de:

$$S_e = S_e' \times k_a \times k_b \times k_c \times k_d \times k_e \times k_f \quad \text{Ec. 3.28}$$

Pero, analizando el factor de superficie y partiendo de que se tiene un acabado superficial maquinado según la tabla adjunta en el (**Anexo 9**) se tiene que  $a = 4,51$  y  $b = -0,265$ .

Entonces:

$$k_a = a(S_{ut})^b \quad \text{Ec. 3.29}$$

Reemplazando los valores de  $a = 4,51$ ,  $b = -0,265$  y  $S_{ut} = 568$  MPa en la Ec. 3.29 se tiene:

$$k_a = 4,51(568)^{-0,265}$$

$$k_a = 0,839$$

Para ejes mayores a 2 pulg el factor  $K_b$  varía entre 0,60 y 0,75 entonces se asume el más crítico:  $k_b = 0,75$

Partiendo de que  $S_{ut} = 568$  Mpa y mediante la tabla adjunta en el (**Anexo 9**) el valor de  $k_c$  es:  $k_c = 0,923$

No existe variación de temperatura en el proceso, la temperatura ambiente no supera los 450°C el valor de  $k_d$  es:  $k_d = 1$

No existe sensibilidad de la muesca dadas las propiedades mecánicas del material el valor de  $k_e$  es:  $k_e = 1$

El eje se analiza solo con carga estática el valor de  $k_f$  es:  $k_f = 1$

Reemplazando los valores de  $S_e'=834,96$  MPa,  $k_a=0,839$ ,  $k_b=0,75$ ,  $k_c=1$ ,  $k_d=1$ ,  $k_e=1$ ,  $k_f=1$  en la Ec. 3.27 se tiene:

$$S_e = 834,96 \times 0,839 \times 0,75 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1$$

$$S_e = 525,398 \text{ MPa}$$

Partiendo de que el factor de seguridad es:

$$n = \frac{S_m}{\sigma_{x \max}} \quad \text{Ec. 3.30}$$

Pero:

$$S_m = \frac{S_e}{\left( \frac{S_e}{S_{ut}} \right) + \left( \frac{\sigma_{x \max}}{\sigma_m} \right)} \quad \text{Ec. 3.31}$$

Reemplazando los valores de  $S_e=525,398$  MPa,  $S_{ut}= 568$  MPa,  $\sigma_{x \max}=4,488$  MPa y  $\sigma_m= 0,548$  MPa en la Ec. 3.31 se tiene:

$$S_m = \frac{525,398}{\left( \frac{525,398}{568} \right) + \left( \frac{4,488}{0,548} \right)}$$

$$S_m = \frac{525,398}{9,114}$$

$$S_m = 57,642 \text{ MPa}$$

Reemplazando  $S_m=57,642$  MPa y  $\sigma_{x \max}=4,488$  MPa en la Ec. 3.30 se tiene:

$$n = \frac{57,642}{4,488}$$

$$n = 12,84$$

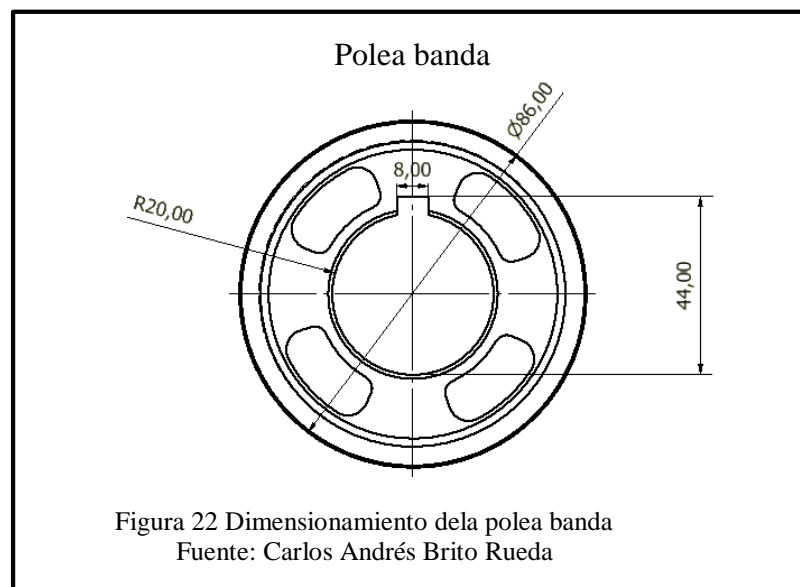
$n > n_d$  es decir,  $12,84 > 1,5$

$\therefore$  el diseño es factible.

### 3.9 Diseño de la lengüeta sobre el tornillo dosificador

Para el correcto diseño de la lengüeta se deben tomar en cuenta varias consideraciones:

- El diámetro del eje del motor es de 40mm, la hoja técnica se adjunta en el (**Anexo 10**).
- Determinado dicho valor se procede al diseño de la lengüeta.
- La **figura 22** muestra el diseño de la polea banda donde se puede observar el dimensionamiento de la chaveta.



Se calcula la fuerza cortante que actúa sobre la chaveta debido al par de torsión.

$$F = \frac{T}{d} \quad \text{Ec. 3.32}$$

Reemplazando los valores de  $T = 279,147 \text{ lbf.pulg}$  y  $r = 0,787 \text{ pulg}$  en la Ec.3.32 se tiene:

$$F = \frac{279,147}{0,787}$$

$$F = 354,697 \text{ lbf}$$

$$F = 1,577 \times 10^3 \text{ N}$$

Producto de esta fuerza cortante se genera un esfuerzo que se determina por medio de la siguiente ecuación:

$$\tau = \frac{F}{W.l} = \frac{S_{sy}}{n} \quad \text{Ec. 3.33}$$

Pero, aplicando la teoría de la distorsión se tiene:

$$S_{sy} = 0,577S_y \quad \text{Ec. 3.34}$$

Reemplazando el valor de  $S_y=276$  MPa en la Ec.3.34:

$$S_{sy} = 0,577(276)$$

$$S_{sy} = 159,252 \text{ MPa}$$

$$S_{sy} = 2,3097 \times 10^4 \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2}$$

Reemplazando el valor de  $S_{sy}=2,3097 \times 10^4 \left| \frac{\text{lbf}}{\text{pulg}^2} \right|$ ,  $w= 8 \text{ mm}= 0,315 \text{ pulg}$ ,  $F=$

$354,697 \text{ lbf}$  y  $n=1,5$  en la Ec.3.33:

$$\frac{354,697}{0,315.l} = \frac{2,3097 \times 10^4}{2}$$

$$l = 0,097 \text{ pulg}$$

$$l = 2,464 \text{ mm}$$

∴ Se determina que la longitud mínima de la chaveta para soportar dicha fuerza cortante y esfuerzo debe ser  $l = 2,464 \text{ mm}$ .

### 3.10 Selección del retenedor

Al encontrarse el retenedor en contacto con la crema de tomate se rige a diferentes características acorde al ámbito alimenticio, para ello se hace uso del manual de

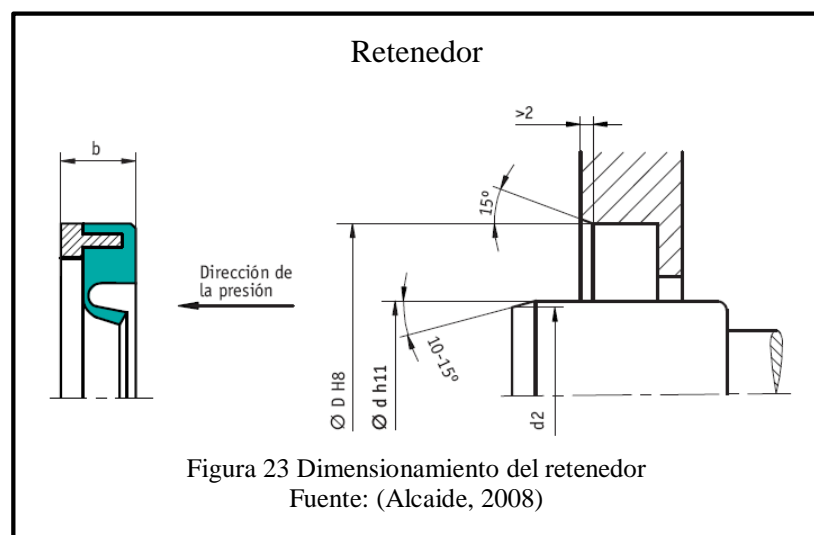
retenedores incluido en el (**Anexo 11**), en dicho manual se selecciona el retenedor en base al diámetro del eje que es de 40 mm. **Figura 23.**

El retenedor seleccionado tiene las siguientes dimensiones y características para  $d_{\text{eje}} = 40$  mm, el mismo que se acopla a la chumacera elegida mediante el catálogo de chumaceras adjunto en el (**Anexo 16**):

$D_{\text{exterior}} = \text{diámetro exterior} = 52$  mm con ajuste H7

$b = \text{ancho del retenedor} = 7$  mm

Material: PTFE / Ekonol, contacto con productos alimenticios.

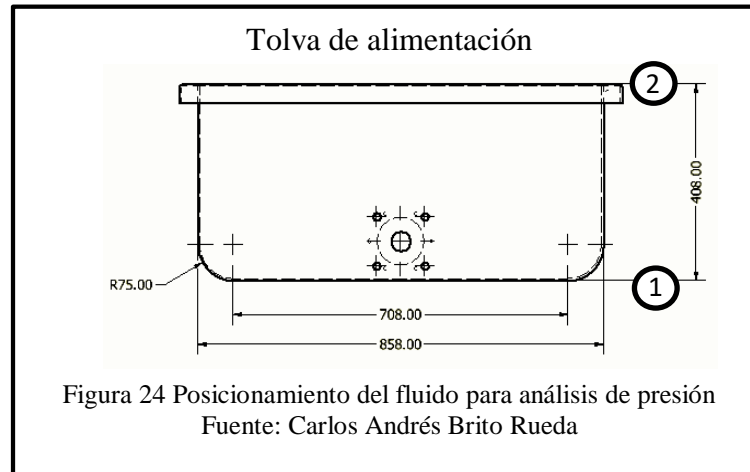


### 3.11 Diseño de la tolva

El dimensionamiento de la tolva se realiza acorde a la longitud del tornillo dosificador con la finalidad de mantener la estética del diseño y su funcionalidad. El plano se muestra en el (**Anexo 19**) como "Tolva".

Consideraciones:

- a. Se calcula la presión que ejerce la crema de tomate en las paredes internas de la tolva. **Figura 24.**



Entonces, partiendo del principio de Bernoulli se tiene:

$$\Delta P = P_2 - P_1 \quad \text{Ec.3.35}$$

Pero:

$$P_1 = (\delta \times g \times h_1)$$

$$P_2 = (\delta \times g \times h_2)$$

Reemplazando los valores de  $\delta = 1400 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$ ,  $g = 9,8 \left[ \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right]$ ,  $h_1 = 0$  y  $h_2 = 0,408 \text{ m}$  en la

Ec.3.35 se tiene:

$$\Delta P = (1400 \times 9,8 \times 0,408) - (1400 \times 9,8 \times 0)$$

$$\Delta P = 0,00559776 \text{ MPa}$$

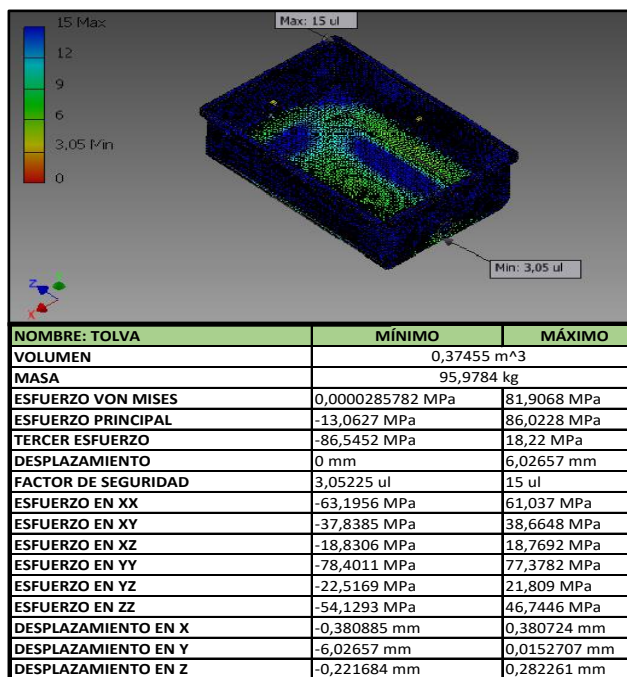
∴ La presión que ejerce la crema de tomate sobre las paredes de la tolva es de 0,00559776 MPa.

- b. Mediante el Software Inventor 2015 se procede a analizar y simular el comportamiento físico de la tolva tomando en cuenta que el material es ACERO INOXIDABLE 304, el espesor de la plancha 4mm y la presión que ejerce la crema

de tomate sobre las paredes de la tolva 0,00559776 MPa, Los resultados de muestran en la (Tabla 4).

- c. Todos los detalles sobre el tipo de soldadura a ser utilizada bajo norma que se rige exclusivamente al ACERO INOXIDABLE AISI 304 se encuentra adjunta en el (Anexo 13).

Tabla 4  
Simulación de la deformación de la tolva por presión del fluido



Nota: Se muestra los valores de deformación de la tolva al simular la presión ejercida por el fluido  
Fuente Carlos Andrés Brito Rueda

Se tiene como resultado que el factor de seguridad en la parte inferior de la tolva es de 3,05 y en la parte superior de 15.

∴ Partiendo de que el factor de seguridad del diseño  $n_d = 1,5$  y obteniendo un factor de seguridad de 3,05 en la zona más crítica de la tolva, se garantiza el diseño.

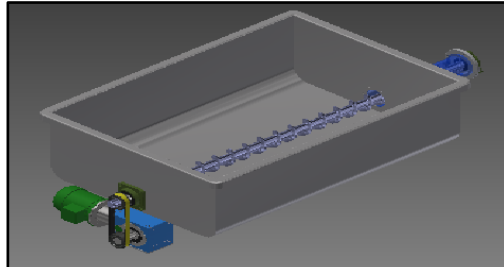
### 3.12 Diseño de la estructura

Para el diseño de la estructura es necesario conocer:



- a. El peso de todos los componentes que se encuentran sobre la estructura base, para ello se utiliza el Software Inventor 2015. (**Tabla 5**)

Tabla 5  
Conjunto del sistema sin estructura base



NOMBRE: CONJUNTO SIN ESTRUCTURA BASE	
MASA	109,412 kg
AREA	7325550 mm^2

Nota: La tabla muestra los valores de masa y área del sistema  
Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

- a. El peso de la crema de tomate mediante el volumen de la tolva de alimentación (**Tabla 4**) y la densidad de la crema de tomate.

De la (**Tabla 4**) se tiene:

$$V_{\text{tolva}} = 0,37455 \text{ m}^3$$

Entonces:

$$P_{\text{crema}} = \delta \times V_{\text{tolva}} \quad \text{Ec.3.36}$$

Reemplazando los valores de  $V_{\text{tolva}} = 0,37455 \text{ m}^3$  y  $\delta = 1400 \left[ \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right]$  en la Ec.3.36 se

tiene:

$$P_{\text{crema}} = 1400 \times 0,37455$$

$$P_{\text{crema}} = 524,38 \text{ kg}$$

Por lo tanto, el peso que debe soportar la estructura base de la máquina es:

$$P_{\text{total}} = P_{\text{crema}} + P_{\text{conjunto}} + P_{\text{porseguridad}} \quad \text{Ec.3.37}$$

Reemplazando los valores de  $P_{crema} = 524,38 \text{ kg}$ ,  $P_{conjunto} = 109,412 \text{ kg}$  y

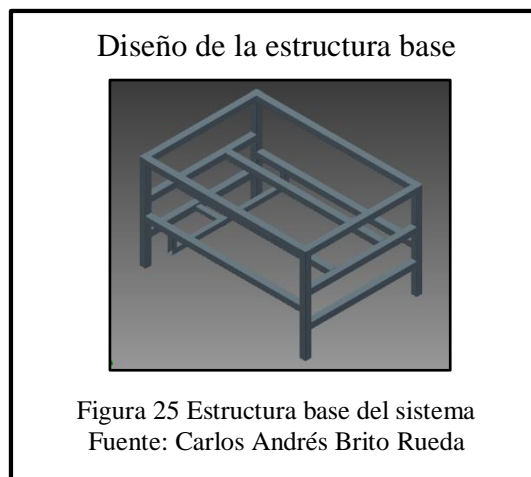
$P_{por.seguridad} = 63,38 \text{ kg}$  en la Ec.3.37 se tiene:

$$P_{total} = 524,38 + 109,412 + 63,38$$

$$P_{total} = 697,17 \text{ kg}$$

El diseño de la estructura base se muestra en la **figura 25**, la longitud de cada columna vertical es  $L = 770 \text{ mm}$ .

El plano se muestra en el (**Anexo 19**) como “Estructura base”.



Consideraciones:

- a. El material de las columnas es ACERO INOXIDABLE AISI 304 con propiedades  $E = 200 \text{ GPA}$  y  $\sigma_y = 250 \text{ MPa}$ .
- b. Se analiza la esbeltez y el esfuerzo crítico debido a que las columnas están sometidas a esfuerzos de flexión y compresión.

Partiendo de la relación:

$$\frac{L}{r_{max}} \geq 200 \geq \frac{L}{r_{min}} \quad \text{Ec.3.38}$$

Reemplazando los valores de  $L = 770 \text{ mm}$  en la Ec.3.38 se tiene que el  $r_{min}$  es:

$$200 \geq \frac{L}{r_{min}}$$

$$r_{min} \geq \frac{L}{200}$$

$$r_{\min} \geq \frac{770}{200}$$

$$r_{\min} \geq 3,85\text{mm}$$

$$r_{\min} \geq 0,385\text{cm}$$

Partiendo de que por diseño se va utilizar un tubo cuadrado y tomando en cuenta que el  $r_{\min}=0,385$  cm se determina según el Catálogo de tubería DIPAC – sección cuadrado incluido en el (**Anexo 12**) que el perfil idóneo tiene las siguientes características:

Norma: ASTM A-513, dimensiones: 40mm x 40mm, espesor: 1,5mm, recubrimiento: negro o galvanizado,  $r_{\min}=1,56$  cm,  $A= 2,25$  cm<sup>2</sup>, el esfuerzo crítico al cual se encuentra sometida la estructura se calcula mediante la ecuación:

$$\sigma_c = \frac{2 \times E \times \pi^2}{\left(\frac{L_e}{r}\right)^2} \quad \text{Ec.3.39}$$

Reemplazando los valores de  $E=200$  GPa,  $L= 0,77$ m y  $r=0,0156$  m en la Ec.3.39 se tiene:

$$\sigma_c = \frac{2 \times 200 \times 10^6 \times \pi^2}{\left(\frac{0,77}{0,0156}\right)^2}$$

$$\sigma_c = 1620,419\text{MPa}$$

El esfuerzo permisible que soporta cada columna se determina mediante:

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{P_c}{A} \quad \text{Ec.3.40}$$

Pero:

$$P_c = \frac{P_{\text{total}} \times g}{n} \quad \text{Ec.3.41}$$

Reemplazando los valores de  $P_{\text{total}}= 697,17$  kg,  $g= 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$  y  $n= 4$  en la Ec.3.41 se tiene:

$$P_c = \frac{697,17 \times 9,8}{4}$$

$$P_c = 1708,066\text{N}$$

Reemplazando los valores de  $P_c = 1708,066 \text{ N}$  y  $A = 2,25 \times 10^{-4}$  en la Ec.3.40 se tiene:

$$\sigma_{\text{perm}} = \frac{1708,066}{2,25 \times 10^{-4}}$$

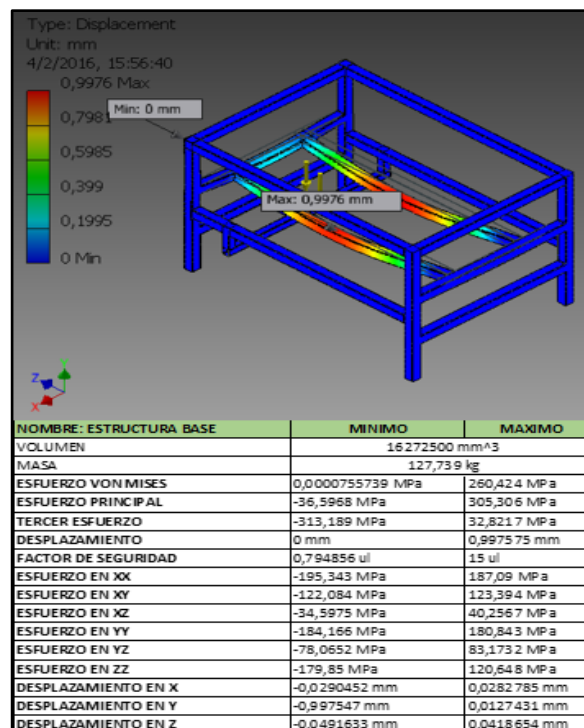
$$\sigma_{\text{perm}} = 7,5914 \text{ MPa}$$

∴ Al ser el  $\sigma_c > \sigma_{\text{perm}}$  se determina que el uso del perfil seleccionado es óptimo.

- Con la finalidad de determinar los desplazamientos máximos de deformación de la estructura base, se hace uso del Software Inventor 2015, los resultados se muestran en la (Tabla 6).
- Todos los detalles sobre el tipo de soldadura a ser utilizada bajo norma que se rige exclusivamente al ACERO INOXIDABLE AISI 304 se encuentra adjunta en el (Anexo 14).

Tabla 6

Simulación de la deformación de la estructura base



Nota: Se muestra los valores de deformación de la estructura base al simular la presión ejercida por el peso del sistema

Fuente Carlos Andrés Brito Rueda

Mediante la (**Tabla 6**) se puede observar que la mayor deformación posible de la estructura base es de 0,9976 mm ubicada en la zona de color rojo.

Al tener una deformación con ese valor podemos concluir que el diseño es seguro.

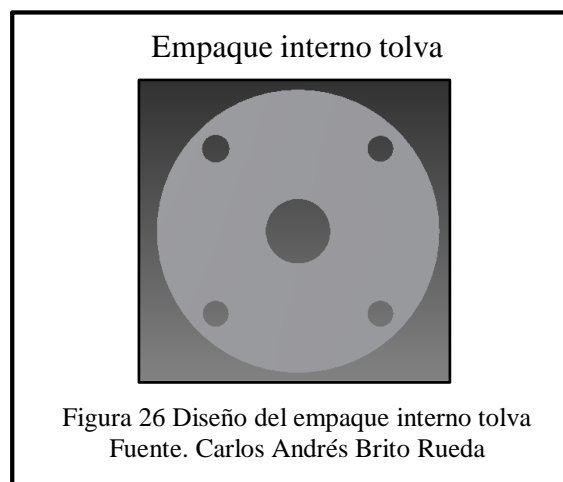
### 3.13 Diseño de los empaques de hermeticidad

Partiendo del diseño del alojamiento y seleccionando como material de los empaques el NITRILO SANITARIO 60 FDA el mismo que cumple con todas las características técnicas que se requiere para la industria alimenticia (**Anexo 15**), se procede al diseño de cada empaque, tomando en cuenta que estos serán elaborados a partir de una plancha de nitrilo sanitario 60 FDA de 3mm de espesor.

#### 3.13.1 Diseño empaque interno tolva

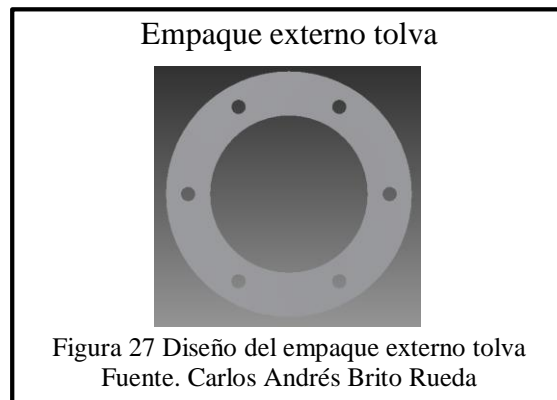
Para este diseño se toma en cuenta el diámetro y agujeros de la brida de retención interna cuyo plano se adjunta en el (**Anexo 19**) como “Brida de retención interna” para que de esta manera coincidan las perforaciones entre el empaque y la brida.

La **figura 26** muestra el diseño del empaque interno tolva, el plano se adjunta en el (**Anexo 19**) como “Empaque interno tolva”.



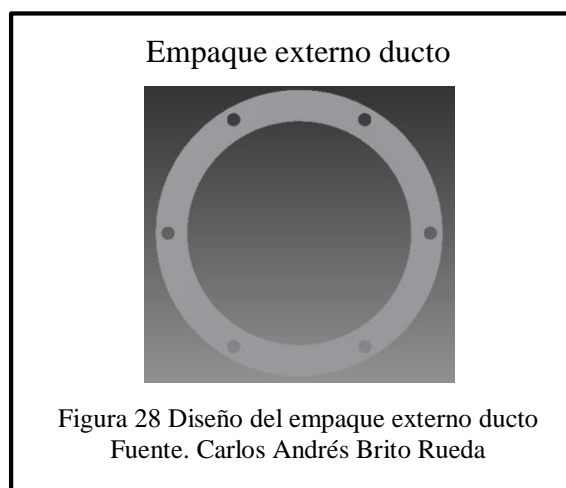
### 3.13.2 Diseño empaque externo tolva

Para este diseño se toma en cuenta el diámetro y agujeros del ducto de dosificación cuyo plano se adjunta en el (Anexo 19) como “Ducto de dosificación” para que de esta manera coincidan las perforaciones entre el empaque y el ducto. La **figura 27** muestra el diseño del empaque externo tolva, el plano se adjunta en el (Anexo 19) como ‘Empaque externo tolva’.



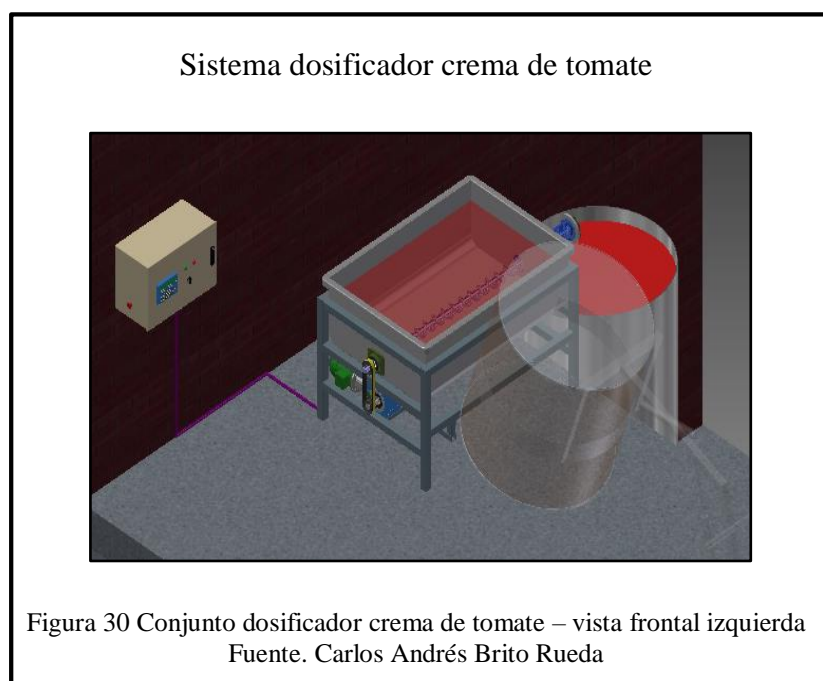
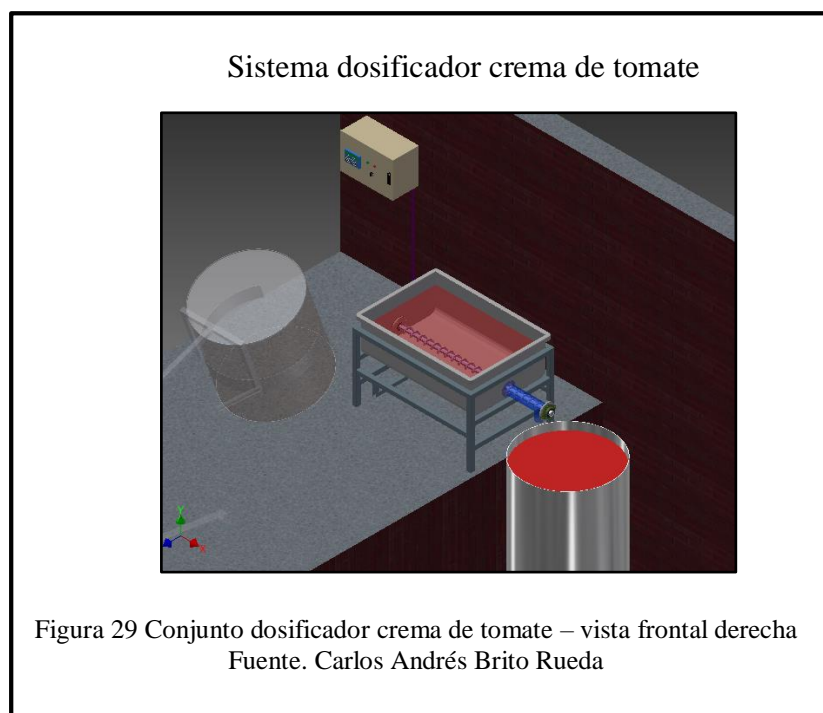
### 3.13.3 Diseño empaque externo ducto

Para este diseño se toma en cuenta el diámetro y agujeros de la salida del ducto de dosificación cuyo plano se adjunta en el (Anexo 19) como “Ducto de dosificación” para que de esta manera coincidan las perforaciones entre el empaque y el ducto. La **figura 28** muestra el diseño del empaque externo tolva, el plano se adjunta en el (Anexo 19) como “Empaque externo tolva”.



### 3.14 Simulación del funcionamiento del sistema

Mediante el Software Inventor 2015 desde la **figura 29** hasta la **figura 32** se muestra la perspectiva del sistema desde diferentes vistas con la finalidad de esquematizar la posible ubicación y perspectiva del sistema dentro del área de trabajo.



### Sistema dosificador crema de tomate

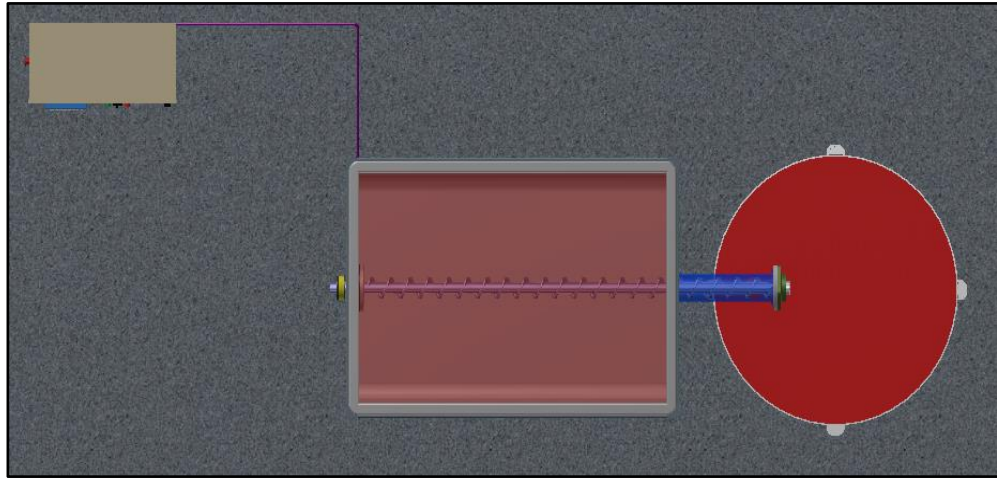


Figura 31 Conjunto dosificador crema de tomate – vista superior  
Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

### Sistema dosificador crema de tomate

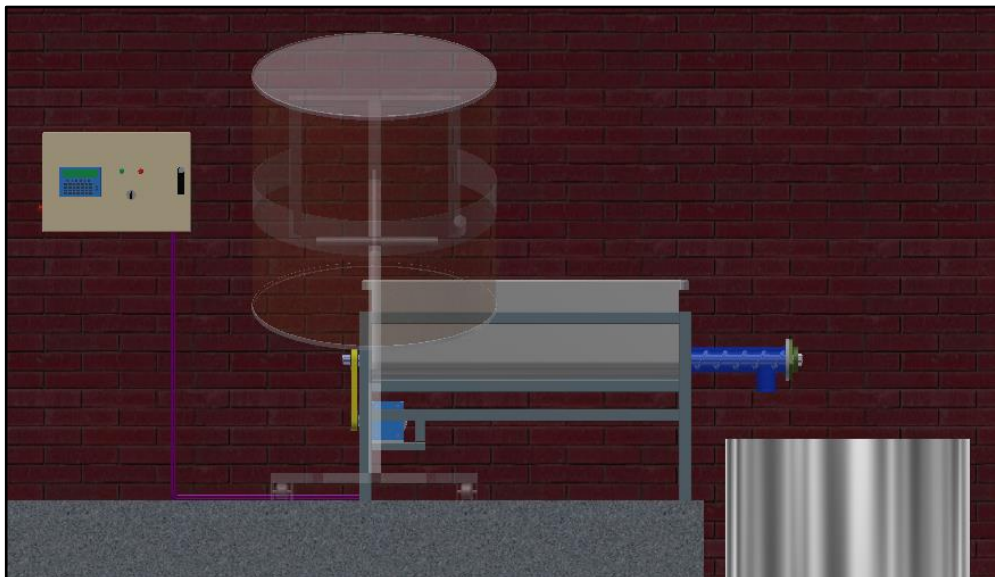


Figura 32 Conjunto dosificador crema de tomate – vista frontal  
Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

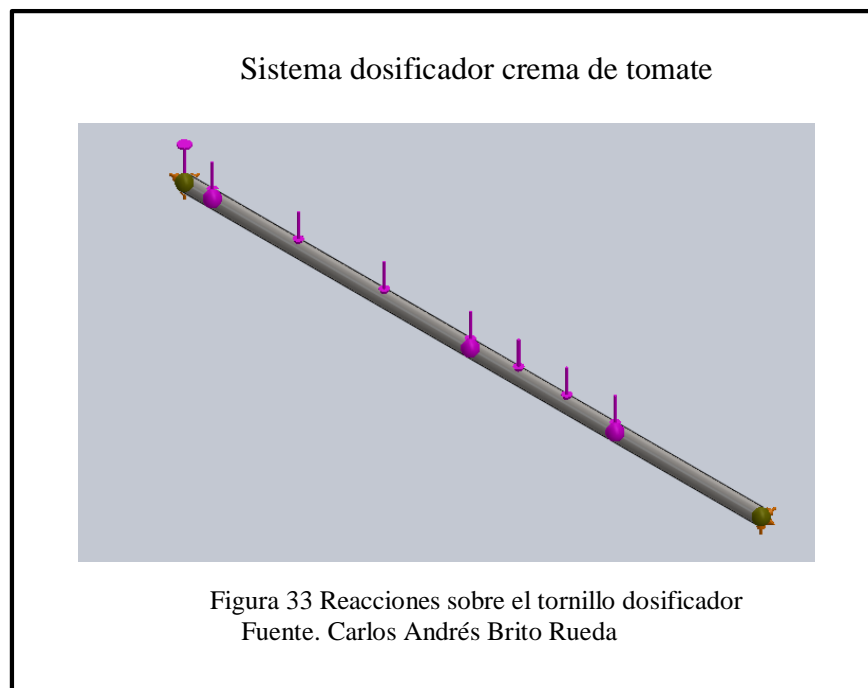


Con la finalidad de idealizar el diseño del sistema se procede a realizar el análisis DINAMICO del TORNILLO DOSIFICADOR tomando en cuenta que es la parte principal del sistema debido a que se encuentra expuesto directamente a la acción de cargas, reacciones y momentos producto del funcionamiento. Para realizar la simulación dinámica de cargas sobre el tornillo dosificador se comprueba que el análisis estático se encuentre realizado de una manera prolija.

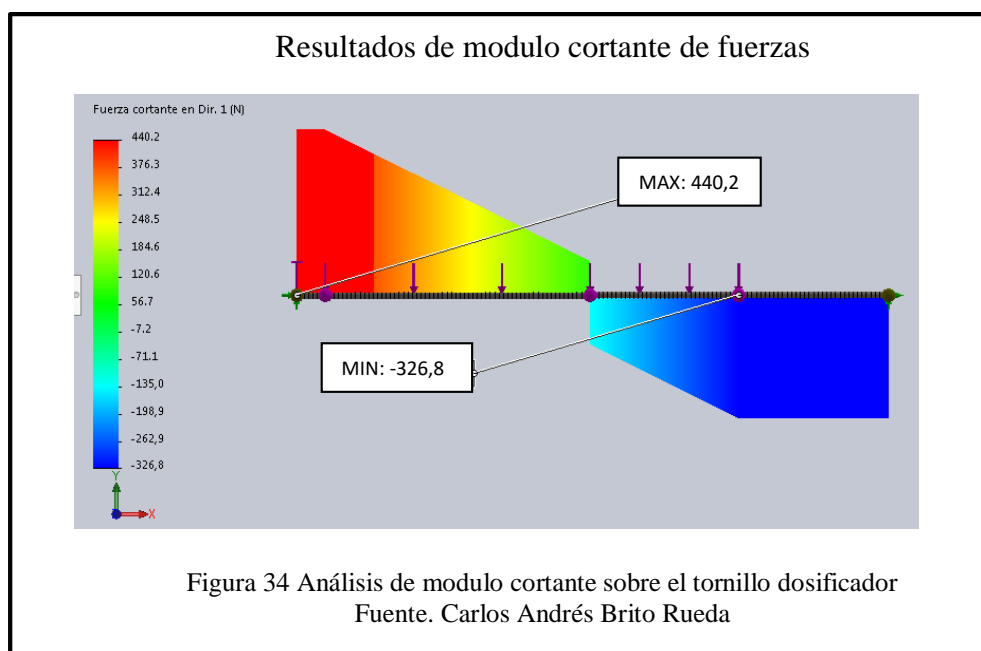
Para ello se analiza si los resultados de la simulación en comparación a los resultados obtenidos teóricamente son iguales o semejantes. Los pasos para realizar la simulación son los siguientes:

- a. Dibujar el tornillo dosificador con sus características técnicas.
- b. Ubicar todos los esfuerzos generados sobre el tornillo dosificador
- c. Representar los rodamientos mediante dos reacciones perpendiculares al eje invertido el sentido ubicadas en cada extremo del tornillo dosificador.
- d. Colocar la carga distribuida de la crema de tomate a lo largo del tornillo dosificador.
- e. El peso del tornillo dosificador tiene un valor de 22,69 kg tomando en cuenta el material de fabricación -acero inoxidable 304- el mismo que se representa mediante una reacción en el centro del tornillo dosificador.
- f. Ubicar el momento generado por el motor
- g. Definir la restricción longitudinal de movimiento, esto debido a que existe movimiento solo rotacional, el movimiento longitudinal ha sido restringido mediante el uso de dos chumaceras ubicadas en cada extremo del tornillo dosificador.

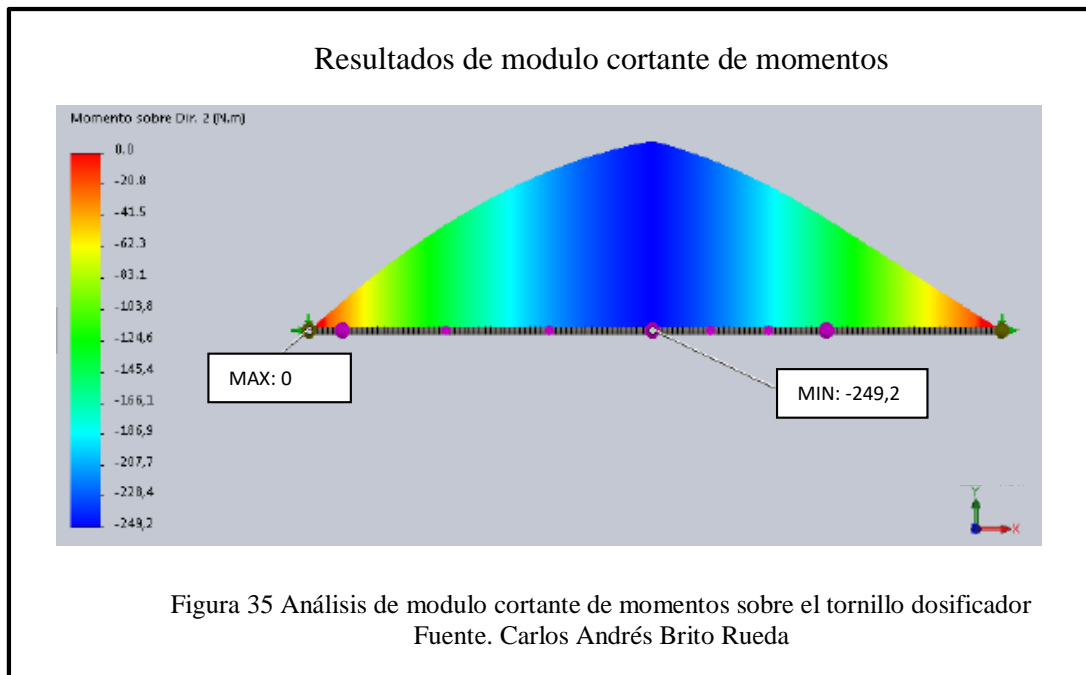
Todas estas características y especificaciones se encuentran interpretadas a continuación en la **figura 33**.



Una vez definido el diseño se procede a realizar la simulación, todos los resultados presentan un máximo y un mínimo que garantizan el diseño. Estos resultados se muestran a partir de la **figura 34** hasta la **figura 37**.



El mayor esfuerzo se realiza en el torque del motor con un valor de 440,2 N ubicado en la zona de color rojo, el esfuerzo mínimo se encuentra a la entrada del tornillo dosificador en el ducto de dosificación con un valor de -326,8 N valores que garantizan el diseño.



Mediante resultados calculados teóricamente se obtuvo un módulo de cortante de 223,55 N/m, al realizar la simulación se obtiene un resultado muy similar de 249,2 N/m ubicada en el centro del tornillo dosificador en ambos casos.

Este resultado de modulo cortante de momentos garantiza el diseño. Para simular la tensión axial y flexión se procede a ubicar una escala de 10 para observar una ligera deformación en el tornillo dosificador.

### Resultados de tensión axial y flexión

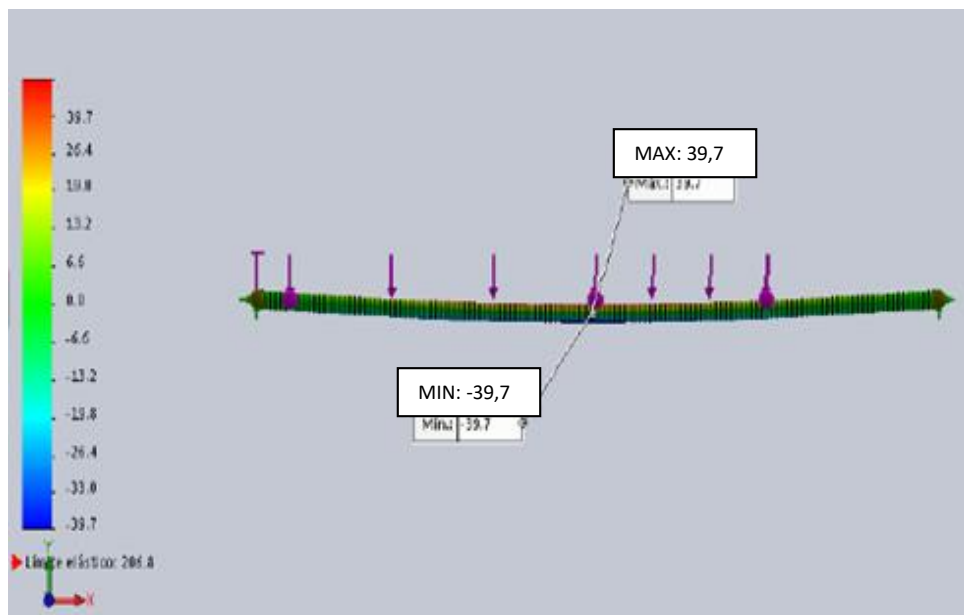


Figura 36 Análisis de tensión axial y flexión sobre el tornillo dosificador  
Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

En la gráfica se observa la deformación a escala del tornillo dosificador teniendo como valor máximo  $39,7 \times 10^{-08}$  mm. Este valor garantiza el diseño.

Para simular la deformación por cortadura se procede a ubicar una escala de 10 para observar una ligera deformación en el tornillo dosificador.

### Resultados deformación por cortadura

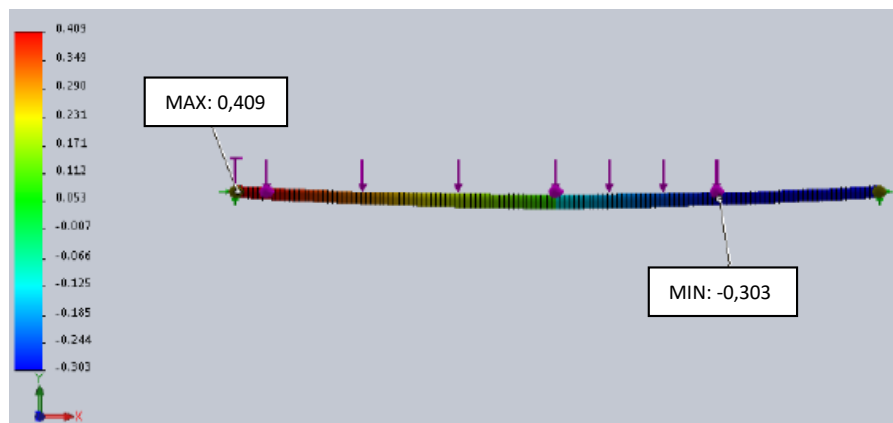


Figura 37 Análisis de deformación por cortadura sobre el tornillo dosificador  
Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

En la gráfica se observa la deformación a escala del tornillo dosificador teniendo como valor máximo  $0,4 \times 10^{-09}$  mm. Este valor garantiza el diseño.

Se procede a realizar la simulación DINÁMICA del tornillo dosificador tomando en cuenta los siguientes pasos:

- a. Dibujar el tornillo dosificador con sus características técnicas.
- b. Ubicar todos los esfuerzos generados sobre el tornillo dosificador
- c. Representar los rodamientos mediante dos reacciones perpendiculares al eje invertido el sentido ubicadas en cada extremo del tornillo dosificador.
- d. Colocar la carga distribuida de la crema de tomate a lo largo del tornillo dosificador.
- e. El peso del tornillo dosificador tiene un valor de 22,69 kg tomando en cuenta el material de fabricación -acero inoxidable 304- el mismo que se representa mediante una reacción en el centro del tornillo dosificador.
- f. Ubicar el momento generado por el motor
- g. Definir que la velocidad de giro es de 60 rpm.
- h. Definir la restricción longitudinal de movimiento, esto debido a que existe movimiento solo rotacional, el movimiento longitudinal ha sido restringido mediante el uso de dos chumaceras ubicadas en cada extremo del tornillo dosificador.

Todas estas características y especificaciones se encuentran interpretadas a continuación en la **figura 38**.

### Sistema dosificador crema de tomate

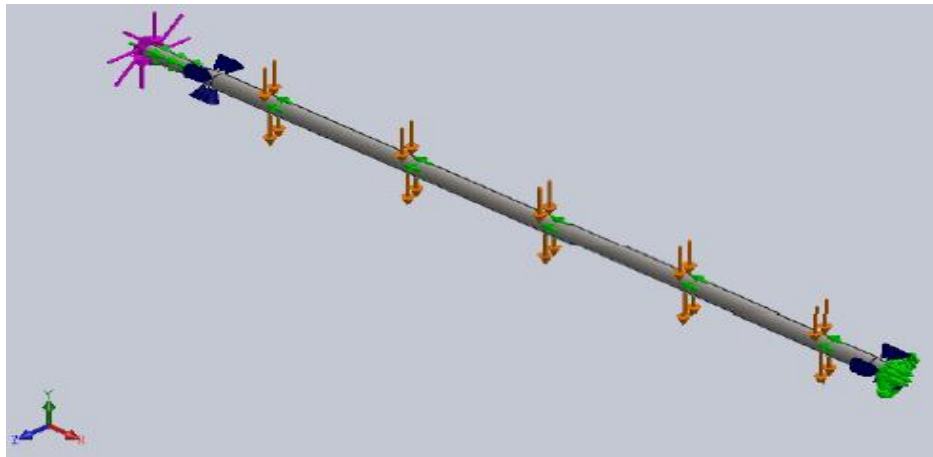


Figura 38 Reacciones sobre el tornillo dosificador (SIMULACIÓN DINÁMICA)  
Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

Una vez definido el diseño se procede a realizar la simulación dinámica, todos los resultados presentan un máximo y un mínimo que garantizan el diseño. Estos resultados se muestran a partir de la **figura 39** hasta la **figura 41**.

### Resultados de tensiones cortante

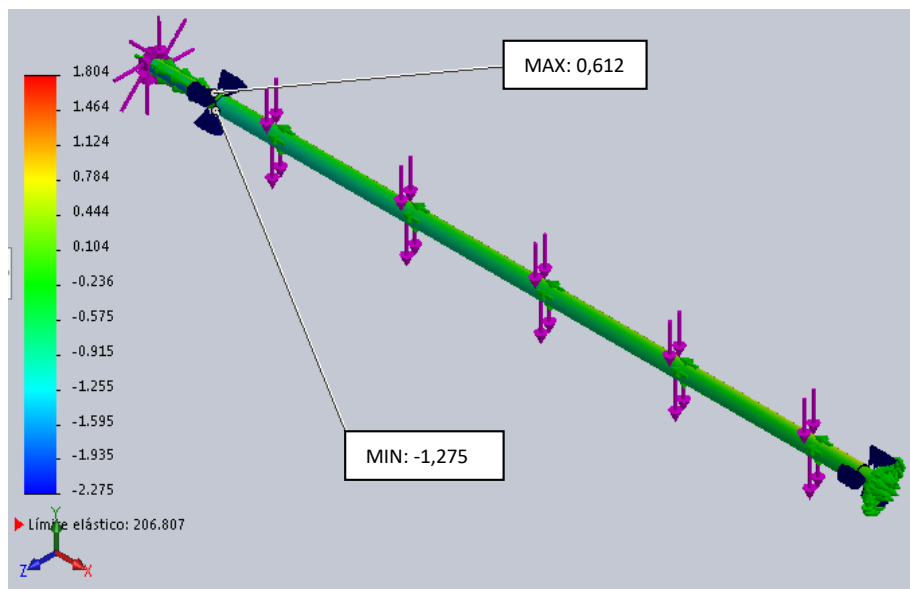
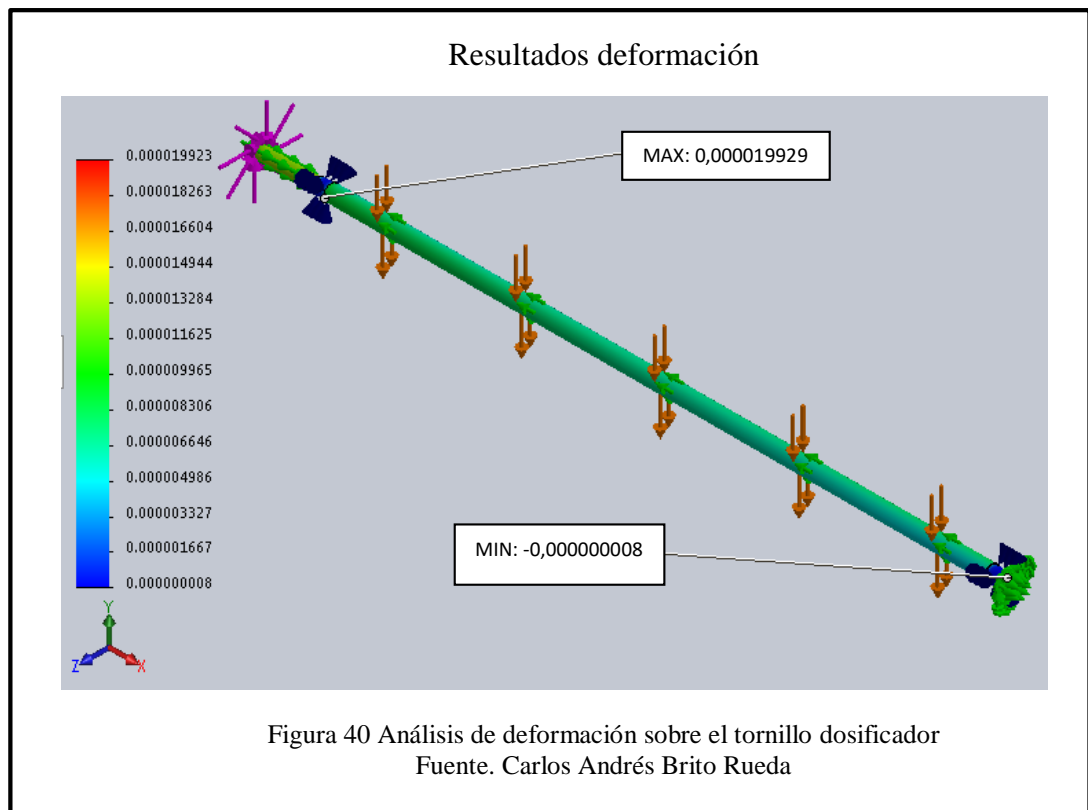
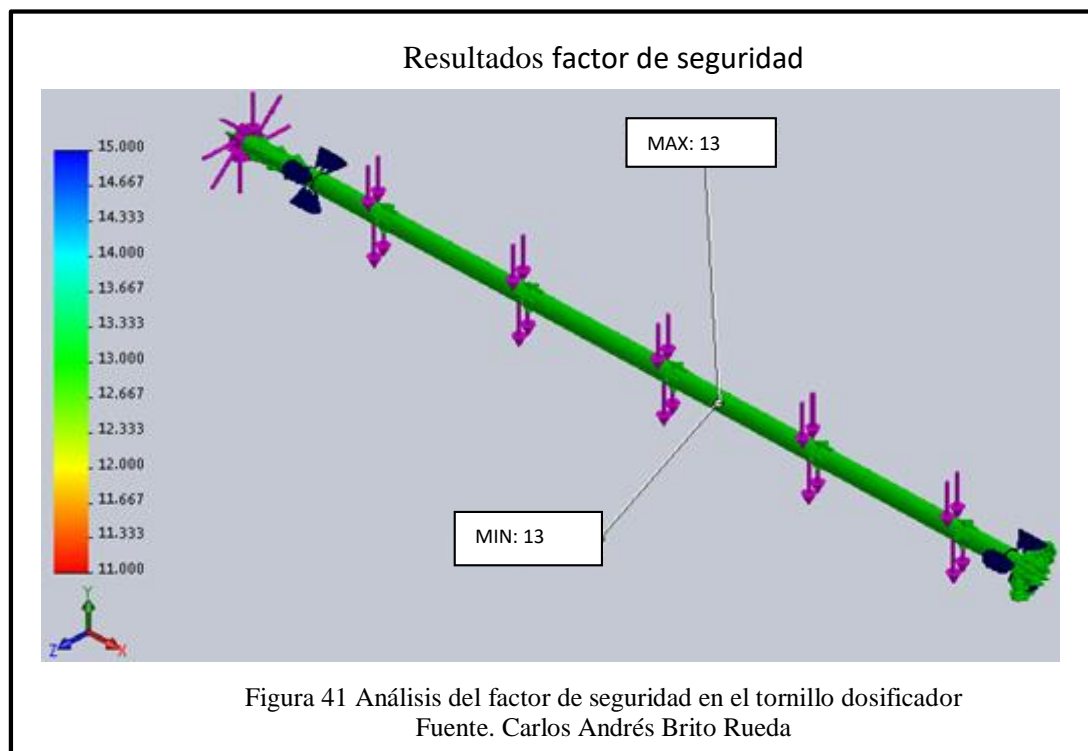


Figura 39 Análisis de tensiones cortante sobre el tornillo dosificador  
Fuente. Carlos Andrés Brito Rueda

La tensión en cortante tiene un valor máximo de 0,612 MPa teóricamente se obtuvo un valor de 0,548 MPa resultados muy similares que garantizan el diseño.



La deformación que sufre el tornillo dosificador es de 0,000019 mm el diseño se garantiza.



El factor de seguridad en el tornillo dosificador tiene un valor de 13 por lo que el diseño es garantizado.

### **3.15 Limpieza y mantenimiento del sistema**

Sin duda alguna el ámbito alimenticio requiere de muchos cuidados exhaustivos regidos a normas y bajo procesos que garanticen la no contaminación del producto, para ello la empresa utiliza un método de succión de residuos y posterior limpieza de tolvas, marmitas, etc mediante vapor al caliente.

Con la finalidad de realizar un mantenimiento preventivo se realiza un cronograma de mantenimiento en donde se especifica el trabajo a realizar en las diferentes partes del sistema y su periodicidad. (**Anexo 17**)

### **3.16 Resultados al implementar el sistema**

Se destaca varios aspectos fundamentales al implementar el sistema entre los que se tiene:

- a. La capacidad de producción actual es de 200 kg/h con la implementación del sistema se obtiene una capacidad de producción de 400 kg/h.
- b. La manipulación de las canecas de crema de tomate mediante carga manual afecta la salud del operario, mediante el uso de un vira tanque y adaptando el diseño a las dimensiones del mismo se evita la carga de las canecas de crema de tomate.
- c. No existe una medida exacta de crema de tomate que ingresa al tanque de salida, mediante el sistema ha sido diseñado para que la capacidad de producción sea de 400 kg/h, de esta manera se disminuye los tiempos repetitivos de análisis de



laboratorio para constatar que la consistencia de la crema de tomate es la requerida.

- d. Existen tiempos muertos al requerir más de un operario para realizar el proceso, implementando el sistema se requiere solo de un operario para realizar el proceso obteniendo así una mejor distribución de la mano de obra dentro la empresa.

## CAPITULO 4

### COSTOS DEL PROYECTO

#### 4.1 Costos directos

##### 4.1.1 Procesos metalmecánicos

La (Tabla 7) enlista todos los elementos maquinados que se involucran en la construcción del sistema con su determinado costo.

Tabla 7  
Procesos metalmecánicos

COSTO MATERIALES						
CANT	DETALLE	DIMENSIONES (mm)	PROCESO	COSTO MATERIALES	COSTO MANO DE OBRA	COSTO TOTAL (USD)
TOLVA						
2	PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	860 x 490 x 4	Corte, taladrado y soldadura según plano	145,08	120	717,06
2	PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	1260 X 490 X 4	Corte, taladrado y soldadura según plano	212,04		
1	PLANCHA DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	1260 X 940 X 4	Corte, taladrado y soldadura según plano	239,94		
ESTRUCTURA BASE						
4	TUBO CUADRADO ESTRUCTURAL DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	40 x 40 x 1.5; largo: 770	Soldadura según especificaciones adjuntas	262,72	80	342,72
6	TUBO CUADRADO ESTRUCTURAL DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	40 x 40 x 1.5; largo: 1268	Soldadura según especificaciones adjuntas			
7	TUBO CUADRADO ESTRUCTURAL DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	40 x 40 x 1.5; largo: 868	Soldadura según especificaciones adjuntas			
2	TUBO CUADRADO ESTRUCTURAL DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	40 x 40 x 1.5; largo: 107	Soldadura según especificaciones adjuntas			
2	TUBO CUADRADO ESTRUCTURAL DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	40 x 40 x 1.5; largo: 50	Soldadura según especificaciones adjuntas			
BRIDA DE RETENCIÓN EXTERNA						
1	EJE DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	Ø170 x 15	Torneado y taladrado según plano	24,83	22	46,83
DUCTO DE DOSIFICACION						
1	TUBO DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	Ø100 x 3; largo: 430	Soldadura según especificaciones adjuntas	56,97	30	107,94
1	TUBO DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	Ø100 x 3; largo: 80	Soldadura según especificaciones adjuntas	11,03		
1	EJE DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	Ø156 x 4	Torneado y taladrado según plano	4,34		
1	EJE DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	Ø128 x 10	Torneado y taladrado según plano	5,6		
TORNILLO DOSIFICADOR						
1	EJE DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	Ø82 x 1890	Torneado y fresado según plano	2079	536	2615
PLACA BASE MOTOR						
2	PLACA ACERO AISI 1018	208 x 133 x 8	Taladrado según plano	14,35	20	34,35
BRIDA DE RETENCIÓN INTERNA						
1	EJE DE ACERO INOXIDABLE AISI 304	Ø175 x 17	Torneado y taladrado según plano	27,43	15	42,43
EMPAQUE INTERNO TOLVA						
1	NITRILO SANITARIO 60 FDA	Ø175 x 3	Corte según plano	3	8	11
EMPAQUE EXTERNO TOLVA						
1	NITRILO SANITARIO 60 FDA	Ø156 x 3	Corte según plano	3	8	11
EMPAQUE EXTERNO DUCTO						
1	NITRILO SANITARIO 60 FDA	Ø170 x 3	Corte según plano	3	8	11
						3939,31

Nota: Esta tabla muestra el detalle de costos de todos los procesos metalmecánicos que intervienen en la construcción del sistema

Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

##### 4.1.2 Elementos normalizados

La (Tabla 8) enlista todos los elementos normalizados que se involucran en la construcción del sistema con su determinado costo.

Tabla 8  
Elementos normalizados

COSTOS ELEMENTOS NORMALIZADOS				
CANT	DETALLE	DIMENSIONES O CODIGO	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
4	PRISIONERO	M5 x 12	0,05	0,20
2	CHUMACERA DE PARED	UCFG208D1	75,00	150
8	PERNO ALLEN AVELLANADO	M10 x 50	0,09	0,72
2	RETENEDOR	Ø65 x 15	15,00	30,00
3	CHAVETA	40 x 8 x 8	3,00	9,00
1	CORREA PLANA TIPO A2 <sup>C</sup>	largo: 751,3mm; espesor: 5mm	12,00	12,00
12	PERNO ALLEN	M16 x 40	0,11	1,32
6	TUERCA	M16	0,08	0,48
12	TUERCA	1/2" – 13 UNC	0,12	1,44
4	ARANDELA PLANA	1/2"	0,09	0,36
4	ESPÁRRAGO	1/2" – 13 UNC	1,22	4,88
6	ARANDELA PLANA	M16	0,07	0,42
4	PERNO EXAGONAL	M12 x 75	0,06	0,24
				<b>211,06</b>

Nota: La tabla muestra el detalle de los costos de los elementos normalizados que intervienen en la construcción del sistema

Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

### 4.1.3 Equipos

La (**Tabla 9**) enlista todos los equipos que se involucran en la construcción del sistema con su determinado costo.

Tabla 9  
Equipos del proyecto

EQUIPOS DEL PROYECTO	
DETALLE	COSTO (USD)
MOTORREDUCTOR	495,04
	495,04

Nota: La tabla muestra el detalle de los costos de los equipos del proyecto que intervienen en la construcción del sistema

Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

Se determina mediante la (**Tabla 10**) el valor total de los costos directos.

Tabla 10  
Costos directos del proyecto

COSTOS DIRECTOS DEL PROYECTO	
DETALLE	COSTO (USD)
PROCESOS METALMECÁNICOS	3939,33
ELEMENTOS NORMALIZADOS	211,06
EQUIPOS DEL PROYECTO	495,04
	<b>4645,43</b>

Nota: La tabla muestra el detalle de los costos directos del proyecto que intervienen en la construcción del sistema

Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

## 4.2 Costos indirectos

Para el presente proyecto se determina que el costo indirecto es de un 10% del costo total en materiales, elementos normalizados y equipos esto con la finalidad de ajustarse al presupuesto en caso de imprevistos, además se incluye el costo por servicios profesionales. (**Tabla 11**)

Tabla 11  
Costos indirectos del proyecto

COSTOS INDIRECTOS DEL PROYECTO	
DETALLE	COSTO (USD)
10% PROCESOS METALMECÁNICOS	464,54
10% EQUIPOS	49,50
10% ELEMENTOS NORMALIZADOS	21,11
SERVICIOS PROFESIONALES	700
	<b>1235,15</b>

Nota: La tabla muestra el detalle de los costos directos del proyecto que intervienen en la construcción del sistema

Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

### 4.3 Costo total del proyecto

El costo total del proyecto es el resultado de los costos directos más los costos indirectos teniendo como resultado la (**Tabla 12**)

Tabla 12  
Costo total del proyecto

COSTO TOTAL DEL PROYECTO	
DETALLE	COSTO (USD)
COSTOS DIRECTOS	4645,43
COSTOS INDIRECTOS	1235,15
	<b>5880,58</b>

Nota: La tabla muestra el detalle de los costos totales que intervienen en la construcción del sistema  
Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

## **CAPÍTULO 5**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **5.1 Conclusiones**

- a. El sistema fue diseñado adaptándose a los parámetros de la empresa Marcseal S.A., tanto en espacio físico, funcionalidad y presupuesto.
- b. Las necesidades de optar por un mejor sistema se ven respaldadas con la información proporcionada en este trabajo.
- c. La simulación antes de proceder a la construcción es una buena opción al momento de optar por implementar un nuevo sistema, en vista de que permite visualizar, determinar y respaldar una propuesta.
- d. La funcionalidad del sistema satisface las necesidades de producción al optar por una propuesta acorde al desarrollo de la industria.
- e. Las diferentes partes y materiales deben ser seleccionados acorde a la facilidad de adquisición en el país.
- f. La capacidad de producción de 400 kg/h ha hecho hincapié en los cálculos realizados para el respectivo diseño.
- g. Los cálculos teóricos en comparación a los obtenidos mediante simulación varían en apenas un 3% por lo que el diseño se puede garantizar.

#### **5.2 Recomendaciones**

- a. Al diseñar un sistema es de ayuda el investigar procesos de similares características al que se desea obtener con la finalidad de obtener un resultado óptimo.

- b. Se debe optar por una constante capacitación al personal para así alargar la vida útil del sistema.
- c. Los costos deben ser necesariamente ajustados al presupuesto tomando en cuenta al menos un 10% del costo total para imprevistos.
- d. El uso de dispositivos existentes que puedan complementar el sistema es de gran ayuda para reducir costos.
- e. La limpieza diaria del sistema debe estar ligado a las diferentes normas alimentarias que rigen en la industria.
- f. Verificar el estado general de la máquina antes, durante y después de su funcionamiento.

## Referencias

- Alcaide. (2008). C-Retenes\_JAxiales\_Lab(191-214):C-Retenes\_JAxiales\_Lab(191-214).qxd.qxd. EPIDOR.
- Budynas, R. G., Nisbett, K. J., & Rios Sánchez, M. Á. (2012). Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley. Mexico: McGrawHill.
- Dardo, G. (2009). Obtenido de Scribd:  
<https://es.scribd.com/doc/24729435/46/Generalidades-en-el-diseno-del-tornillo-transportador>
- Direct INDUSTRY. (20 de Enero de 2016). Obtenido de Direct INDUSTRY:  
<http://www.directindustry.es/prod/ozbekoglu/product-64240-931403.html>
- efiaire. (24 de Enero de 2014). Obtenido de Efiaire Ingeniería Eficiente:  
<http://www.efiaire.co/?product=valvulas-rotativas>
- Francisco Jaime Mejía Garcés, I. (09 de DICIEMBRE de 2009). ESCUELA DE INGENIERIA DE ANTIOQUIA. Obtenido de  
<http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulos/es/conceptosbasicosmfluidos/reologia/reologia.html>
- Hidrometálica S.C.A. (20 de Marzo de 2013). Obtenido de Hidrometálica S.C.A.:  
<http://hidrometalica.com/category/aguasresiduales/page/2/>
- Ibarrola, I. E. (2016). Facultad de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales. Obtenido de Universidad Nacionalde Córdoba:  
<http://www.efn.unc.edu.ar/departamentos/aero/Asignaturas/MecFluid/material/introducci%F3n%20no%20newtonianos.pdf>
- INTERMETALS R&D SAC. (30 de ENERO de 2012). Obtenido de INTERMETALS R&D SAC: <http://www.intermetals.com.pe>
- Lucero Ivan, C. C. (Mayo de 2014). DISEÑO DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA DE CREMA DE RELLENO PARA GALLETAS, CON UNA CAPACIDAD DE PRODUCCION DE 120 GALLETAS POR MINUTO PARA LA EMPRESA PRIMATEC. Obtenido de  
<http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/7500/1/CD-5619.pdf>
- Miranda, U. N. (04 de Noviembre de 2012). Universidad Nacional Experimental Francisco de Miranda. Obtenido de  
<https://marcanord.files.wordpress.com/2012/11/reologc3ada-1.pdf>
- ORACLE. (10 de Febrero de 1988). Oficina Internacional del Trabajo. Obtenido de Peso máximo en el levantamiento y el transporte de cargas:  
[http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1988/88B09\\_19\\_span.pdf](http://staging.ilo.org/public/libdoc/ilo/1988/88B09_19_span.pdf)



Organization, I. L. (1996 - 2012). International Labour Organization. Obtenido de [http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100\\_INSTRUMENT\\_ID:312272](http://www.ilo.org/dyn/normlex/es/f?p=NORMLEXPUB:12100:0::NO::P12100_INSTRUMENT_ID:312272)

RINDUSTRIALES. (04 de ENERO de 2013). Obtenido de RINDUSTRIALES: <http://www.rindustriales.com/retenedores.html/fotos-retenes>

Sherman, P., Wood, F., Voisey, P., Olkku, J. E., Lee, C., Rha, C. K., & Hermansson, A. M. (01 de Enero de 1979). cabdirect. Obtenido de Food texture and rheology: <http://www.cabdirect.org/abstracts/19790457727.html;jsessionid=D112448255D19D08DC1E221A36A5D7E1?freeview=true>

TecnoEmbalaje S.A.S. (2015). Obtenido de TecnoEmbalaje S.A.S.: <http://www.tecnoembalaje.com/maquinaria-y-equipos/dosificadores/>

TECNOEMBALAJE S.A.S. (2015). Obtenido de TECNOEMBALAJE S.A.S.: <http://www.tecnoembalaje.com/maquinaria-y-equipos/dosificadores/>

TheSaver.co. (18 de 01 de 2015). Obtenido de TheSaver.co: <http://colombia.thesaver.co/dosificador-maplas-para-viscosos-y-valle-del-cauca-rnMG0Z0.html>

Torres, E. M. (10 de Marzo de 2012). Obtenido de Diseño y construcción de un prototipo con sistema scada aplicado al control del micro clima y dosificación del producto almacenado en silos: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1902/5/04%20Diseno%20construccion%20dosificadores.pdf>

# Anexos

## Anexo 1 Registro fotográfico canecas de crema de tomate




Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

## Anexo 2 Registro fotográfico vira tanque



Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

### Anexo 3 Análisis de laboratorio – crema de tomate

	<b>CERTIFICADO DE ANALISIS</b> <b>LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD</b>	
FECHA ELABORACIÓN	FECHA ACTUALIZACIÓN	CODIGO:
ENERO 2014	ENERO 2015	RE-CAL
BASADO EN:	REVISIÓN N°	PAGINA
Sistema MARCSEAL S.A.	1	1 de 1

**CLIENTE:** Carlos Brito Rueda / Universidad Politécnica Salesiana  
**PRODUCTO:** Crema de Tomate  
**PRESENTACION:** Canecas  
**LOTE:** 150730 50 canecas

**FECHA DE ELABORACION:** 15/01/2015  
**FECHA DE VENCIMIENTO:** 15/01/2016

#### ANÁLISIS SENSORIAL

Parámetro	Especificación	Resultado
Color	Rojo	OK
Olor	Característico a Tomate	OK
Sabor	Característico a Tomate	OK
Textura/fluido	Viscosa / ligero no abrasivo	OK

#### ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICOS

Parámetro	Unidad	Especificación	Resultado	Método
pH	-	3,50 ± 0,20	3,50	Potenciométrico
Brix	%	15,0 ± 1	15,0	Refractómetro
Consistencia	cm/30 seg	6,0 ± 0,5	6,0	Consistómetro de Bostwick
Densidad	gr/cm3	1,3 ± 1,5	1,4	Bernard Leach

#### ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS

Parámetro	Unidad	Especificación	Resultado	Método
Recuento total de aerobios mesófilos	UFC/g <sup>+</sup>	Menor a 10000	<10	AOAC 990.12
Recuento de coliformes totales	UFC/g <sup>+</sup>	Menor a 10	<10	AOAC 991.14
Recuento de E. coli	UFC/g <sup>+</sup>	Menor a 10	<10	AOAC 991.14
Recuento total de mohos	UFC/g <sup>+</sup>	Menor a 20	<10	AOAC 997.02
Recuento total de levaduras	UFC/g <sup>+</sup>	Menor a 20	<10	AOAC 997.02

CC. Archivo

Analista de Laboratorio de Control de Calidad	Jefe de Control de Calidad
---	----------------------------

#### Anexo 4 Registro fotográfico del espacio físico



Fuente: Carlos Andrés Brito Rueda

Anexo 5 Coeficiente de disminución de llenado según ángulo de trabajo, Coeficiente de llenado del canalón, Coeficiente para materiales sólidos

COEFICIENTES DE DISMINUCIÓN DE LLENADO SEGÚN ÁNGULO DE TRABAJO					
ÁNGULO	0°	5°	10°	15°	20°
K	1	0,9	0,8	0,7	0,6

Fuente: (Dardo, 2009)

COEFICIENTE PARA LLENADO DE CANALÓN	
MATERIAL	$\lambda$
Pesados y abrasivos	0,125
Pesados poco abrasivos	0,25
Ligeros poco abrasivos	0,32
Ligeros no abrasivos	0,4

Fuente: (Dardo, 2009)

COEFICIENTES PARA MATERIALES SÓLIDOS	
MATERIAL	Co
Harina, aserrín, materiales granulosos	1,2
Turba, sosa, carbón n polvo.	1,6
Antracita, carbón, sal de roca	2,5
Yeso, Arcilla, cal, arena, tierra fina	4

Fuente: (Dardo, 2009)

## Anexo 6 Propiedades de algunos materiales para bandas planas y redondas

PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES PARA BANDAS PLANAS Y REDONDAS						
MATERIAL	ESPECIFICACION	TAMAÑO	DIÁMETRO MINIMO DE LA POLEA	TENSIÓN PERMISIBLE POR UNIDAD DE ANCHO A 600pies/min. (lb/pulg)	Peso (lb/pulg <sup>3</sup> )	Coficiente de fricción
Poliamida	F - 0 <sup>c</sup>	t= 0,03	0,6	10	0,035	0,5
	F - 1 <sup>c</sup>	t= 0,05	1	35	0,035	0,5
	F - 2 <sup>c</sup>	t= 0,07	2,4	60	0,051	0,5
	A - 2 <sup>c</sup>	t= 0,11	2,4	60	0,037	0,8
	A - 3 <sup>c</sup>	t= 0,13	4,3	100	0,042	0,8
	A - 4 <sup>c</sup>	t= 0,20	9,5	175	0,039	0,8
	A - 5 <sup>c</sup>	t= 0,25	13,5	275	0,039	0,8

Fuente: (Budynas, Nisbett, & Rios Sánchez, 2012)



## Anexo 7 Factores de servicio

<b>FACTORES DE SERVICIO</b>	<b><math>K_s</math></b>
Para soportes de elevadores	2
Para vigas maestras de soporte de grúas, puente, con cabina de operador y sus uniones.	1,25
Para vigas maestras de soporte de grúas puentes operados desde el piso y sus uniones.	1,1
Para soportes de maquinaria ligera, impulsadas con un eje de transmisión o motor.	1,2
Para soportes de maquinaria de movimiento alternativo o con potencia de impulsión propia.	1,5
Para suspensiones de pisos y plataformas	1,33

Fuente: (Budynas, Nisbett, & Rios Sánchez, 2012)

## Anexo 8 Resultados de pruebas a la tensión de algunos metales

Resultado de pruebas a la tensión de algunos metales *								
							EXP.RESIST.	DEFORM.A
			DE FLUENCIA,	ÚLTIMA,	DE FRACTURA,	COEFICIENTE DE,	A DEFORM.,	LA FRACR.,
			$S_y$	$S_u$	$\sigma_f$	$\sigma_o$		
NÚMERO	MATERIAL	CONDICIÓN	MPa (Kpsi)	MPa(Kpsi)	MPa(Kpsi)	MPa (Kpsi)	m	F <sub>f</sub>
1018	Acero	Recocido	220 (32.0)	341 (49.5)	628 (91.1)	620 (90.0)	0.25	1.05
1144	Acero	Recocido	358 (52.0)	646 (93.7)	898 (130)	992 (144)	0.14	0.49
1212	Acero	HR	193 (28.0)	424 (61.5)	729 (106)	758 (110)	0.24	0.85
1045	Acero	Q&T 600°F	1520 (220)	1580 (230)	2380 (345)	1880 (273)	0.041	0.81
4142	Acero	Q&T 600°F	1720 (250)	1930 (210)	2340 (340)	1760 (255)	0.048	0.43
303	Acero inoxidable	Recocido	241 (35.0)	601 (87.3)	1520 (221)	1410 (205)	0.51	1.16
304	Acero inoxidable	Recocido	276 (40.0)	568 (82.4)	1600 (233)	1270 (185)	0.45	1.67
2011	Aleación de aluminio	T6	169 (24.5)	324 (64.8)	325 (47.2)	620 (90)	0.28	0.10
2024	Aleación de aluminio	T4	296 (43.0)	446 (64.8)	533 (77.3)	689 (100)	0.15	0.18
7075	Aleación de aluminio	T6	542 (78.6)	593 (86.0)	706 (102)	882 (128)	0.13	0.18

Fuente: (Budynas, Nisbett, & Rios Sánchez, 2012)

Anexo 9 Factores de acabado de superficies, Factor de carga

Factores de acabado de superficie			
ACABADO DE SUPERFICIE	FACTOR a		EXPONENTE
	Kpsi	MPa	<i>b</i>
Esmerilado (rectificado)	1,3	1,58	-0,085
Maquinado o estirado en frio	2,7	4,51	-0,265
Laminado en caliente	14,4	57,7	-0,718
Forjado	39,9	272	-0,995

Fuente: (Budynas, Nisbett, & Rios Sánchez, 2012)

Factor de carga $k_c$			
El factor de carga está dado por la ecuación			
$k_c =$	0.923	carga axial	$S_{ut} < 220\text{Kpsi (1520 MPa)}$
	1	carga axial	$S_{ut} > 220\text{Kpsi (1520 MPa)}$
	1	flexión	
	0.577	torsión y cortante	

Fuente: (Budynas, Nisbett, & Rios Sánchez, 2012)

## Anexo 10 Características técnicas del motor

**TRANSPORTE**

**R&M**  
MATERIALS  
HANDLING  
INC.

**Tractel**

**HU-LIFT**

Puentes grúa, Trolleys eléctricos y mecánicos a cable y cadena.  
Sistemas de electrificación.  
Tiror - malacates - winches - trolleys  
Carretillas y aplicaciones hidráulicas  
Montacargas eléctricos

**POTENCIA**

**MOTOVARIO**

**ABB**

Motorreductores cónicos y ortogonales,  
motorreductores de velocidad.  
Variadores electrónicos (inversores)

**PESAJE**

Sensol technology inc.

**TEDEA HUNTLEIGH**

Balanzas mecánicas,  
electrónicas de piso y pedestal  
Sistemas industriales de  
pesaje y dosificación.  
Balanzas tipo supermercado

**MAQUINAS**

**HU-LIFT**

**PROMAN**

Taladros, fresadores de banda  
y engranajes.  
Tornos paralelos automáticos.  
Presadores universales y de torreta  
Cortadoras de tierra - labradoras  
Accesorios en general.



Quito, 5 de febrero de 2016.

Señor:  
**CARLOS BRITO.**  
Presente.-

Nos es grato poner a su conocimiento la siguiente cotización de acuerdo a lo requerido por Ud. (s):

CANT.	DESCRIPCIÓN
1	<b>MOTORREDUCTOR ORTOGONAL</b> <b>MARCA: MOTOVARIO (ITAL)</b> <b>TIPO: TORNILLO SIN FIN CORONA</b> <b>MODELO: NMRV 040</b> <b>RELACION DE REDUCCION i: 25</b> <b>POTENCIA: 1/2 HP / 4POLOS (1700 RPM)</b> <b>VELOCIDAD DE SERVICIO: 68 RPM</b> <b>TORQUE DE SERVICIO: 27 Nm</b> <b>VOLTAJE: 220-440 V TRIFASICO</b> <b>DIAMETRO DE AGUJERO DE SERVICIO: 18mm</b> <b>PROTECCION: IP 55 / AISLAMIENTO: CLASE F</b> <b>FACTOR DE SERVICIO 1.37 (REDUCTOR SOPORTARIA</b> <b>HASTA 38Nm, CON HASTA 16 HORAS DE TRABAJO CONTINUO A</b> <b>CARGA UNIFORME Y UN PROMEDIO DE 100 ARRANQUES / HORA)</b> <b>PRECIO UNIT: \$ 442 + IVA</b>

FORMA DE PAGO:



TIEMPO DE ENTREGA:

VALIDEZ DE LA OFERTA:

GARANTIA:

Atentamente,

TEC. DANIEL RUEDA  
DEP. VENTAS Y LOGISTICA

Contado, 10% descuento.

Inmediata. Una vez recibida la orden de compra.

15 Días

Un año contra defectos de fabricación

OFICINA Y PLANTA: Juan Molineros Lote 3 y Eloy Alfaro Telfs.: 2805364 – 2805365 Fax: 2805328  
E-mail: comrepsa@uio.satnet.net ventasmr@comrepsa.com - QUITO-ECUADOR



## Dimensioni / Dimensions / Abmessungen / Encombremets / Dimensiones

- Peso senza motore ~2.3 kg
- Weight without motor ~2.3 kg
- Gewicht ohne Motor ~2.3 kg
- Poids sans moteur ~2.3 kg
- Peso sin motor ~2.3 kg

Per le dimensioni relative alla zona attacco motore (Pm, Dm, bm, tm) fare riferimento alla tabella di pag. 333.  
For the dimensions concerning the motor connection area (Pm, Dm, bm, tm) please refer to the table shown at page 333.  
Zu den Abmessungen des Motoranschlussflansches (Pm, Dm, bm, tm) siehe Tabelle auf Seite 333.  
Pour les dimensions concernant la zone de montage du moteur (Pm, Dm, bm, tm) lire SVP le tableau à la page 333.  
Para las magnitudes correspondientes a la zona del motor (Pm, Dm, bm, tm) consulte la tabla de la página 333.

## C1 | RETENES RADIALES SIMMERRING®

## RETENES, DEFLECTORES, LABERINTOS

### Gama de retenes estándar

#### RADIAMATIC HTS II



HTS II

Material: PTFE

#### Información Técnica

##### ■ Características

Retén radial fabricado en PTFE para montar en alojamientos abiertos. Este nuevo diseño de labio reduce significativamente la precarga sobre el eje comparado con lo diseños convencionales de retenes en PTFE.

Sus principales características son: bajo par de fricción, buen comportamiento sin lubricación, facilidad de limpieza y sencillo de montar.

##### ■ Material

###### Estándar

PTFE/Carbón. Material aprobado por KTW para trabajar en contacto con agua potable.  
Anillo metálico. Acero inoxidable

###### Especial

PTFE/ Ekonol. Este material cumple con las especificaciones de los materiales para su uso en contacto con productos alimenticios.

##### ■ Campo de aplicación

Temperatura:  $-20$  a  $+200^{\circ}\text{C}$

Velocidad periférica: hasta 18 m/s para una presión de 0.15 Mpa. (1.5 bar)\*

Presión máxima: 0.6 MPA ( 6 bar )

\*Para presiones inferiores la velocidad puede ser superior (ver tabla)

Existen versiones especiales para aplicaciones con presión y vacío alternativamente

##### ■ Instalación

###### Eje

Tolerancia ISO h11

Ovalización IT8

Rugosidad: Ra 0.1 a 0.2  $\mu\text{m}$  , Rt de 0.5 a 1  $\mu\text{m}$

Dureza: 50 a 60 HRC, con una profundidad de la capa de dureza  $> 0.5$  mm

###### Alojamiento

Tolerancia: H8

Rugosidad: Ra  $<1.8$   $\mu\text{m}$  , Rt 10  $\mu\text{m}$

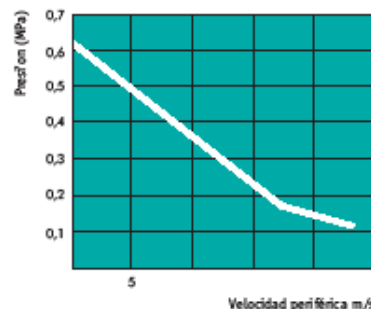
##### ■ Factor PV

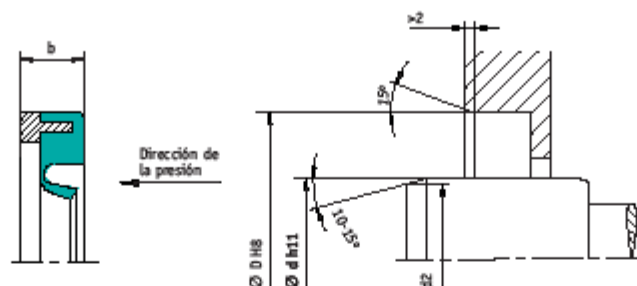
###### Condiciones del test:

Ciclos con presión de de 5 a 6 horas dinámicamente, y de 4 a 16 horas estáticamente.

Medio: Aceite térmico

Temperatura:  $85^{\circ}\text{C}$  en la junta



**Gama de retenes estándar**
**■ Tabla de dimensiones: RADIAMATIC HTS II**


Ø del eje (d)	D	b
10.00	22.00	7.00
12.00	22.00	7.00
12.00	28.00	7.00
15.00	30.00	7.00
15.00	35.00	7.00
17.00	35.00	7.00
18.00	30.00	7.00
20.00	30.00	7.00
20.00	32.00	7.00
20.00	35.00	7.00
20.00	40.00	7.00
22.00	40.00	7.00
25.00	40.00	7.00
25.00	42.00	7.00
28.00	40.00	7.00
28.00	47.00	7.00
30.00	40.00	7.00
30.00	42.00	7.00
30.00	47.00	7.00
30.00	52.00	7.00
32.00	47.00	7.00
35.00	47.00	7.00
40.00	52.00	7.00
42.00	62.00	8.00

Ø del eje (d)	D	b
45.00	62.00	8.00
50.00	68.00	8.00
50.00	72.00	8.00
55.00	70.00	8.00
55.00	80.00	8.00
60.00	75.00	8.00
60.00	80.00	8.00
60.00	85.00	8.00
65.00	85.00	10.00
65.00	90.00	10.00
70.00	90.00	10.00
70.00	100.00	10.00
75.00	95.00	10.00
75.00	100.00	10.00
80.00	100.00	10.00
80.00	110.00	10.00
85.00	100.00	12.00
90.00	120.00	12.00
95.00	120.00	12.00
100.00	120.00	12.00
100.00	130.00	12.00
110.00	130.00	12.00
125.00	150.00	12.00

## Anexo 12 Catálogo de tubería DIPAC – sección cuadrado



CUADRADO

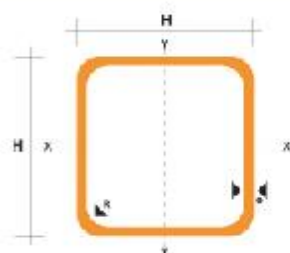
### TUBO MECANICO CUADRADO

#### Especificaciones Generales

<b>Norma</b>	ASTM A-513
<b>Recubrimiento</b>	Negro o Galvanizado
<b>Largo normal</b>	6.00m
<b>Otros largos</b>	Previa consulta
<b>Dimensiones</b>	Desde 1/2" a 2"
<b>Espesor</b>	Desde 0.62mm hasta 1.30mm



DIMENSIONES			AREA	EJES X-Xe Y-Y		
A mm	ESPESOR mm	PESO Kg/m	AREA cm <sup>2</sup>	I cm <sup>4</sup>	W cm <sup>3</sup>	i cm
12	0.3	0.20	0.37	0.09	0.14	0.40
12	1.0	0.37	0.50	0.11	0.18	0.47
15	0.8	0.36	0.45	0.15	0.20	0.58
15	1.0	0.45	0.51	0.20	0.26	0.57
20	0.8	0.49	0.81	0.38	0.38	0.79
20	1.0	0.60	0.83	0.50	0.50	0.77
20	1.2	0.72	0.90	0.55	0.55	0.77
20	1.6	0.88	1.06	0.68	0.68	0.74
25	0.8	0.61	0.77	0.76	0.61	0.96
25	1.0	0.76	1.05	1.00	0.80	0.90
25	1.2	0.90	1.14	1.08	0.87	0.97
25	1.6	1.12	1.35	1.21	0.97	0.95
30	0.8	0.74	0.93	1.30	0.89	1.19
30	1.0	0.92	1.27	1.77	1.18	1.18
30	1.2	1.09	1.38	1.91	1.28	1.18
30	1.6	1.25	1.55	2.19	1.47	1.15
40	0.8	0.89	1.26	3.21	1.61	1.60
40	1.0	1.23	1.71	4.32	2.16	1.59
40	1.2	1.47	1.90	4.50	2.34	1.59
40	1.6	1.82	2.26	6.48	2.74	1.66
50	1.2	1.84	2.34	9.30	3.72	1.99
50	1.6	2.29	2.95	11.00	4.42	1.97



#### NOMENCLATURA

- A= Área de la sección transversal del tubo, cm<sup>2</sup>
- I= Momento de inercia de la sección, cm<sup>4</sup>
- W= Módulo resistente de la sección, cm<sup>3</sup>
- i= Radio de giro de la sección, cm



# Anexo 13 Hoja técnica – soldadura tolva de alimentación



## WPS-Especificación del Procedimiento de Soldadura (Welding Procedure Specification)

Rev: 01 Vigente desde: Pág.: 1/2  
Marzo/2014

1. IDENTIFICACION (IDENTIFICATION)								
No WPS (Identification #)	WPS-TOLBA-01			Norma de referencia: (Applied Code)	AWS D1.6: 2007 Cap. III			
PQR de soporte: (Supporting PQR)	N/A (Don't apply) WPS Precalificado según AWS D1.6: 2007 Section 3 (Prequalified by AWS D1.6: 2007)			Fecha: (Date)	22 – Enero – 2016			
				Nombre Compañía - Proyecto: (Company-Project)	Sr. Carlos Brito			
2. DATOS DE SOLDADURA (Welding parameters)								
DISEÑO DE JUNTA UTILIZADA (JOINT DESIGN USED)				PROCESO (PROCESS)				
Tipo de junta: (Joint type)	Junta en T, (TC-U5-GF) (T joint)			Proceso de soldadura: (Welding Process)	GTAW			
Preparar junta: (Joint Preparation)	si <input checked="" type="checkbox"/> (yes) no <input type="checkbox"/> (no)			Tipo de transferencia: (Transference Mode)	N/A			
Pase de respaldo: (Backing weld)	si <input type="checkbox"/> (yes) no <input checked="" type="checkbox"/> (no)			Tipo: (Type)	MANUAL			
Soldadura a: (Welding side)	Un lado <input checked="" type="checkbox"/> Dos lados <input type="checkbox"/> (Single weld) (Double weld)			POSICION DE SOLDADURA (POSITION)				
Material de respaldo: (Backing)	No			Posición de soldadura: (Position)	3G			
Repelado: (Back gouging)	si <input type="checkbox"/> (yes) no <input checked="" type="checkbox"/> (no)			Progresión de soldadura: (Vertical progresión:)	ASCENDENTE			
Abertura de raíz: (R) (Root Opening)	0 – 0,5 mm			TECNICA DE SOLDADURA (WELDING TECHNIQUE)				
Cara de raíz, talón: (f) (Root Face Dimension)	N/A			No. De pases: (Number of passes per side)	Un pase <input type="checkbox"/> (Single Pass)			
Angulo de ranura: (α) (Groove Angle)	N/A			No. De electrodos (Number of Electrodes)	Varios pases <input checked="" type="checkbox"/> (Multi Pass)			
METAL BASE (BASE METAL)				Espaciamiento de electrodos (Electrode Spacing)	Longitudinal N/A (Don't apply)			
Especificación: (Material Spec.)	Aceros del Gr. I (304L) (steels from group I)				Lateral N/A (Don't apply)			
Espesores: (Thickness)	16 ga a 3 mm				Angulo (Angle) N/A (Don't apply)			
Diámetro tubería: (Pipe diameter)	N/A			Cordón Oscilado o recto: (Stringer or Weave Bead)	Oscilado – Arrastre (Wave)			
				Stick out :	15 – 19 mm recomendado			
METAL DE APORTE (FILLER METAL)				CARACTERISTICAS ELECTRICAS (ELECTRICAL CHARACTERISTICS)				
Especificación AWS: (Specification AWS)	AWS A 5.12 EWG			Tipo de corriente (Type of current)	DC-			
Clasificación AWS: (Class AWS)	3 TIERRAS RARAS ANSI EWG			Fuente de Poder	CV			
Diámetro: (Diameter)	3/32 Inch			LIMPIEZA (CLEANING)				
PROTECCION (SHIELDING)				Entre pases (Interpas)	Cepillo metálico (Wire brush) - GRATA			
GAS (GAS)	N/A			TRATAMIENTO TERMICO (TREATMENT TEMPERATURE)				
Tipo: (Type)	N/A			Precaentamiento: (Preheat)	N/A			
Composición:	N/A			Tiempo entre pases: (Time between passes)	1 - 3 min			
Flujo: (Flow Rate)	N/A			PWHT (Post weld heat treatment)	N/A (Don't apply)			
3. PARAMETROS ESCENCIALES DEL PROCESO (Welding data)								
No de pase (Pass or Weld Layer)	Metal aporte (Filler metal)		Corriente (Current)		Tensión de trabajo (Volts)	Velocidad de avance (Travel speed) (Inch/min)	Velocidad de alimentación del electrodo (Wire feed speed) (Inch/min)	
	Clase (Class)	Diámetro (Diameter) (Inch)	Tipo y polaridad (Polarity)	Amperaje (amp)				
1	3 tierras raras	3/32	DC-	135-235	17-21	3 - 4	n/a	
DETALLE DE JUNTA (JOINT DETAILS)								
Designación de la junta: (Joint designation) <b>B-P1a</b>						Variable	Dimensión	Tolerancias
						T1	16ga	
						T2	3	
						R	0 to T/2	+T/2, -0
						Weld Size (E)	3T/4	



**WPS-Especificación del Procedimiento de  
Soldadura  
(Welding Procedure Specification)**

Rev: 01      Vigente desde:      Pág.: 1/2  
Marzo/2014

NOTAS (NOTES)	ACLARACIONES DE TIPO DE JUNTA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar limpieza en los elementos</li> <li>- Revisar alineación de las partes.</li> <li>- Los puntados deben cumplir con los mismos Requerimientos mostrados en el presente procedimiento, y deben ser limpiados vigorosamente mediante el uso de cepillo metálico. Punteados de multipase deben terminar en "cascada"</li> <li>- Máximo espesor de la sección de soldadura no debe exceder el ancho del cordón de soldadura en su superficie para cada pase (pases fileteados).</li> <li>- Mantener la varilla en un lugar seco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No precalifica para proceso SMAW</li> <li>- Limpiar adecuadamente la raíz antes del pase de respaldo.</li> </ul>

**4. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD ( RESPONSABILITY SIGNS)**

Los Wps's y juntas detalladas en la sección 3, pueden ser usadas sin calificación conforme la sección antes mencionada. Este Wps precalificado no garantiza en su totalidad la calidad de la soldadura, la correcta supervisión, END y capacidad de fabricación del personal también son factores que influyen en los resultados. METALBOX y Giovanni Aguais, no se responsabiliza por la Incompleta o incorrecta aplicación de las variables descritas en este WPS. Este documento contiene información confidencial, propiedad de METALBOX. Queda expresamente prohibida su difusión, copia o uso sin autorización escrita. Cualquier cambio de diseño de junta o variable de soldadura no descrita en este documento representa una variable esencial siendo necesario evaluar su conformidad y veracidad. Este WPS no debe ser usado sin un análisis basado en el tipo de estructura y/o condiciones de servicio.

Elaborado por ( Made by )

Autorizado por: ( Authorized by)

Ing. Giovanni Aguais  
AWS #15041874  
ASNT NIVEL 2 (VT,UT,PT)  
2016/01/22

Sr. Carlos Brito  
2016/01/22

MATERIALES DE APORTACIÓN PARA LA SOLDADURA DE ACEROS INOXIDABLES			
ACERO INOXIDABLE	ELECTRODO REVESTIDO	MIG/MAG/TIG PLASMA	ALAMBRE - HUECO
201	E209	ER209	
202	E219	ER219	E308T-X
	E308	ER308	
301			
302			
304	E308	ER308	E308T-X
305			
304L	E308L	E308L	E308LT-X
	E347	E347	E347T-X
309	E309	ER309	E309T-X
309S	E309L	ER309L	E309LT-X
	E309Cb		E309CbIt-x
310	E310	ER310	E310T-X
314			
310S	E310	ER310	E310T-X
	E310Cb		
316	E316	E316	E316T-X
316L	E316L	E316L	E316LT-X
316H	E316-8-2	E16-8-2	ER316T-X
	E316H	E316H	
317	E317	ER317	E317LT-X
317L	E317L	ER317L	E317LT-X
321	E308L	ER312	E308LT-X
	E347		E347T-X
330	E330	ER330	
347	E308L	ER347	E308LT-X
	E347		E347T-X
348	E347	ER347	E347T-X

Ranura							
Plano	Inclinado	V	Bisel	U	J	V Ensanchada	Bisel ensanchado

Ángulo	Tapón u ojal	Esparrago	Punto o proyección	Costura	Reverso o respaldo	Recargue	Borde	
							Canto	Esquina





**WPS-Especificación del Procedimiento de Soldadura**  
(Welding Procedure Specification)

Rev: 01      Vigente desde:      Pág.: 1/2  
Marzo/2014

NOTAS (NOTES)	ACLARACIONES DE TIPO DE JUNTA
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verificar limpieza en los elementos</li> <li>- Revisar alineación de las partes.</li> <li>- Los punteados deben cumplir con los mismos Requerimientos mostrados en el presente procedimiento, y deben ser limpiados vigorosamente mediante el uso de cepillo metálico. Punteados de multipase deben terminar en "cascada"</li> <li>- Máximo espesor de la sección de soldadura no debe exceder el ancho del cordón de soldadura en su superficie para cada pase (pases fileteados).</li> <li>- Mantener la varilla en un lugar seco.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No precalifica para proceso SMAW</li> <li>- Limpiar adecuadamente la raíz antes del pase de respaldo.</li> </ul>
<b>4. FIRMAS DE RESPONSABILIDAD ( RESPONSABILITY SIGNS)</b>	
<p>Los Wps's y juntas detalladas en la sección 3, pueden ser usadas sin calificación conforme la sección antes mencionada. Este Wps precalificado no garantiza en su totalidad la calidad de la soldadura, la correcta supervisión, END y capacidad de fabricación del personal también son factores que influyen en los resultados. METALBOX y Giovanni Aguais, no se responsabiliza por la Incompleta o Incorrecta aplicación de las variables descritas en este WPS. Este documento contiene Información confidencial, propiedad de METALBOX. Queda expresamente prohibida su difusión, copia o uso sin autorización escrita. Cualquier cambio de diseño de junta o variable de soldadura no descrita en este documento representa una variable esencial siendo necesario evaluar su conformidad y veracidad. Este WPS no debe ser usado sin un análisis basado en el tipo de estructura y/o condiciones de servicio.</p>	
<div> <div>Elaborado por ( Made by )</div> <div> Ing. Giovanni Aguais AWS #15041674 ASNT NIVEL 2 (VT,UT,PT) 2016/01/22 </div> </div> <div> <div>Autortizado por: ( Authorized by)</div> <div> Sr. Carlos Brito 2016/01/22 </div> </div>	

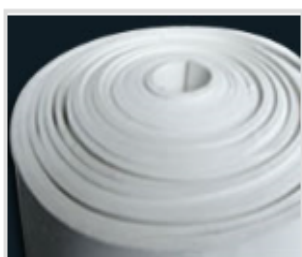
MATERIALES DE APORTACIÓN PARA LA SOLDADURA DE ACEROS INOXIDABLES			
ACERO INOXIDABLE	ELECTRODO REVESTIDO	MIG/MAG/TIG PLASMA	ALAMBRE - HUECO
201	E209	ER209	E308T-X
202	E219	ER219	
	E308	ER308	
301	E308	ER308	E308T-X
302			
304			
305	E308L	E308L	E308LT-X
304L			
	E347	E347	E347T-X
309	E309	ER309	E309T-X
309S	E309L	ER309L	E309LT-X
	E309Cb		E309CbLT-X
310	E310	ER310	E310T-X
314	E310	ER310	E310T-X
310S			
	E310Cb		
316	E316	E316	E316T-X
316L	E316L	E316L	E316LT-X
316H	E316-8-2	E16-8-2	ER316T-X
	E316H	E316H	
317	E317	ER317	E317LT-X
317L	E317L	ER317L	E317LT-X
321	E308L	ER312	E308LT-X
	E347		E347T-X
330	E330	ER330	
347	E308L	ER347	E308LT-X
	E347		E347T-X
348	E347	ER347	E347T-X

Ranura							
Plano	Inclinado	V	Bisel	U	J	V Ensanchada	Bisel ensanchado

Ángulo	Tapón u ojal	Esparrago	Punto o proyección	Costura	Reverso o respaldo	Recargue	Borde	
							Canto	Esquina

## Anexo 15 Propiedades del Nitrilo sanitario

### NITRILO SANITARIO 60 (FDA)



Elastómero a base de nitrilo, no contiene ninguna sustancia prohibida por la FDA (EUA); Excelente para empaques de tanques de almacenamiento, reactores y todo tipo de recipientes que almacenen productos alimenticios; útil en envasadoras y embotelladoras, su color blanco completamente acorde con su característica sanitaria.

#### Propiedades mecánicas y químicas

Dureza shore "A"	Resistencia a la tensión	Elongación Minima %	Rango de Temperatura °C	Aceites	Acidos	Intemperie	Abrasión
60-65	650 PSIA	500%	-25°C a 120°C	Bueno	Regular	Regular	Regular

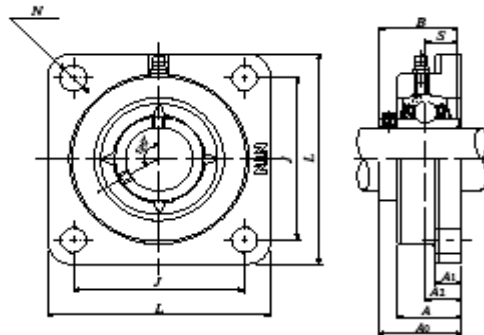
#### Presentación

Placa	Rollo	Rollo
1m x 1m, en espesores de 1/16" hasta 1"	1m de ancho x 10m de largo en espesores de 1/16" hasta 5/16"	1m de ancho x 5m de largo en espesores de 3/8" hasta 5/8"



## Square Flange Unit; UCFG2 series

Cylindrical bore with set screw



Bore dia. mm	Part number	Boundary dimensions mm										Nominal bolt dia.	Insert bearing number	Basic dynamic rated load kN C <sub>r</sub>	Basic static rated load kN C <sub>0r</sub>	Housing part number	Mass kg (pair)
		L	J	A <sub>2</sub>	A <sub>1</sub>	A	N	A <sub>0</sub>	B	S							
12	UCFG201D1	98	64	15	11	25.5	12	33.3	31	12.7	M10	UC201D1	12.8	6.65	FG204D1	0.7	
15	UCFG202D1											UC202D1					
17	UCFG203D1											UC203D1					0.6
20	UCFG204D1											UC204D1					
25	UCFG205D1	95	70	16	13	27	12	35.7	34	14.3	M12	UC205D1	14.0	7.85	FG205D1	0.8	
30	UCFG206D1	108	89	18		31		40.2	38.1	15.9		UC206D1	19.5	11.3	FG206D1	1.0	
35	UCFG207D1	117	92	19	15	34	14	44.4	42.9	17.5	M14	UC207D1	25.7	15.3	FG207D1	1.4	
40	UCFG208D1	130	102	21		36	16	51.2	49.2	19		UC208D1	29.1	17.8	FG208D1	1.8	
45	UCFG209D1	137	105	22	16	38		52.2				UC209D1	32.5	20.4	FG209D1	2.2	
50	UCFG210D1	143	111			40	54.6	51.6	UC210D1	35.0		23.2	FG210D1	2.4			
55	UCFG211D1	162	130	25	18	43	19	58.4	55.6	22.2	M16	UC211D1	43.5	29.2	FG211D1	3.6	
60	UCFG212D1	175	143	29		48		68.7	65.1	25.4		UC212D1	52.5	36.0	FG212D1	4.4	
65	UCFG213D1	187	149	30	22	50	69.7	75.4				74.6	30.2	UC213D1	57.5	40.0	FG213D1
70	UCFG214D1	193	152	31		54	78.5		77.8	33.3				UC214D1	62.0	44.0	FG214D1
75	UCFG215D1	200	159	34		56	78.5	77.8	33.3		UC215D1	66.0	49.5	FG215D1	6.9		
80	UCFG216D1	208	165			58	23	83.3		82.6	M20	UC216D1	72.5	53.0	FG216D1	8.1	
85	UCFG217D1	220	175	36		63		87.6	85.7	34.1		UC217D1	83.5	64.0	FG217D1	9.3	
90	UCFG218D1	235	187	40		68		96.3	96	39.7		UC218D1	96.0	71.5	FG218D1	11	

Note)

1. Stamped steel or cast iron dust covers are also available upon request.

2. Refer to catalog 2400.

3. Ball bearing tolerances according to JIS B 1558.

4. Housing tolerances according to JIS B 1559.



## Anexo 17 Cronograma de mantenimiento del sistema

CRONOGRAMA DE MANTENIMIENTO								
MANTENIMIENTO A REALIZAR	TIPO	COMPONENTE	UBICACIÓN	FRECUENCIA				
				SEMANAL	MENSUAL	TRIMESTRAL	SEMESTRAL	ANUAL
CHEQUEO Y AJUSTE DE PERNOS DE SUJECION	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE	X				
CAMBIO DE RODAMIENTOS DE CAJA	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE				X	
CAMBIO DE RODAMIENTOS DE MOTOR	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE				X	
CAMBOI DE RETENEDOR DE CAJA	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE				X	
CAMBIO DE ACEITE Y LUBRICACIÓN	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE				X	
LIMPIEZA DEL MOTOR	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE	X				
PINTURA DE MOTOR Y CAJA	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE					X
VERIFICACION DE AMPERAJE	PREDICTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE	X				
CAMBIO DE BANDA	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE			X		
AJUSTE DE POLEAS	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE			X		
CHEQUEO Y/O CAMBIO DE POLEAS	PREVENTIVO	MOTOR REDUCTOR	PARTE INFERIOR ESTRUCTURA BASE					X
CAMBIO DE CHUMACERAS	PREVENTIVO	CHUMACERA	SISTEMA					X
AJUSTE DE PERNOS DE ANCLAJE	PREVENTIVO	TODO EL SISTEMA	SISTEMA		X			
AJUSTE DE PERNOS EN LA ESTRUCTURA	PREVENTIVO	TODO EL SISTEMA	SISTEMA		X			
PINTURA DE LA ESTRUCTURA BASE	PREVENTIVO	TODO EL SISTEMA	SISTEMA					X
ANALISIS Y CHEQUEO DE ESTRUCTURA	PREVENTIVO	TODO EL SISTEMA	SISTEMA		X			
CAMBIO DE RETENEDORES	PREVENTIVO	TOLVA DE ALIMENTACIÓN Y DUCTO DE DOSIFICACIÓN	SISTEMA			X		
LIMPIEZA DE TOLVA	PREVENTIVO	TOLVA DE ALIMENTACION	SISTEMA	X				
LIMIEZA DE TORNILLO DOSIFICADOR	PREVENTIVO	TORNILLO DOSIFICADOR	SISTEMA	X				

## Anexo 18 Glosario

Ángulo de avance: Inclinación del tornillo dosificador formada entre el plano horizontal y vertical sobre el cual se encuentra.

Ángulo de la hélice: Inclinación de la hélice formada entre el plano horizontal y vertical sobre el cual se encuentra.

Banda: Tira alargada de un material determinado.

Brida: Reborde circular ubicado en un extremo que tiene como función ajustar un componente con otro.

Caneca: Recipiente grande de forma cilíndrica con cierre hermético, generalmente usado para el transporte de líquidos.

Carga real: Fuerza real (peso) que actúa sobre una determinada superficie.

Carga teórica: Fuerza (peso) que se asume actúa sobre una determinada superficie.

Consistencia: Propiedad de una determinada materia a la cual resiste sin romperse ni deformarse fácilmente.

Corrosión: Deterioro de un material debido a un ataque de su entorno.

Densidad: Relación que existe entre la masa y el volumen de una determinada sustancia.

Diagrama de cuerpo libre: Esquema que muestra todas las fuerzas que actúan sobre una determinada superficie.

Diseño estático: Análisis de una determinada parte sin tomar en cuenta su movimiento.

Dosificar: Graduar la proporción de una determinada substancia.

Paso: Distancia entre el centro de dos hélices seguidas.

Ergonomía: Análisis de las condiciones de adaptación de un lugar de trabajo a las características físicas y psicológicas del usuario.

Estanqueidad: Cualidad mediante la cual se determina si algo tiene fugas o no.

Fluencia: Punto de deformación plástica de un determinado acero

Fricción: Rozamiento entre dos cuerpos (uno fijo y uno móvil).

Motor reductor: Método de reducción de velocidad de un motor.

Polea conducida: Es la polea ajustada al eje que tenemos que mover.

Polea motriz: Es la polea ajustada al eje del motor.

Potencia: Cantidad de fuerza aplicada a un cuerpo en relación a la velocidad con que se aplica.

Prototipo: Primer ejemplar que se fabrica.

Tolva: Dispositivo que tiene como función la canalización de materiales.

Tornillo dosificador: Tornillo que moviliza un determinado material de un lugar a otro.

Vira tanque: Dispositivo adaptado a un determinado radio que mediante ajuste permite girar una caneca.

Viscosidad: Consistencia de una determinada materia.

# Anexo 19 Planos